



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

TRABAJO FIN DE GRADO EN  
ECONOMÍA

INCIDENCIA DE LOS ROBOTS SOBRE EL PIB, EL EMPLEO Y LA  
DESIGUALDAD:  
UN ANÁLISIS EMPÍRICO CON DATOS DE PANEL.

Módulo: Análisis Económico

Amaia Zugasti Paternain

Director:

Pedro Pascual Arzoz

Pamplona-Iruña, 20 de Mayo de 2019

## RESUMEN

La densidad de robots ha crecido de forma significativa en la mayoría de los países desarrollados. Dicho aumento puede ser debido a una reducción de su precio y a una mejora de las capacidades de los robots para realizar tareas similares y con igual calidad que las realizadas por la mano de obra humana. Su uso va a tener un impacto en la productividad y el crecimiento de los países. En este trabajo se lleva a cabo un breve recorrido por la historia de los robots, la inteligencia artificial y se realiza un análisis descriptivo de cinco países de la OCDE. Asimismo, para analizar los posibles efectos que han generado la introducción y difusión de robots en el PIB per cápita, en la tasa de empleo y en la desigualdad se realizan estimaciones econométricas con datos de panel. Se concluye que los robots impactan positivamente en el PIB per cápita, de forma negativa en la tasa de empleo y no influyen en la desigualdad.

*Palabras clave:* Robots, PIB, empleo, desigualdad y datos de panel.

## ABSTRACT

Robots presence has increased significantly in the vast majority of developed countries. This growth can find its roots in the reduction of their price and the knowledge that robots are able to carry out similar tasks with equal quality as the ones made by human workforce. The use of robots is going to have an impact both in productivity and the economic growth of countries. This assignment makes a brief mention to robots' history, artificial intelligence and a descriptive analysis of five OECD member countries. In the same way, to analyse the possible effects that the introduction and the spreading of robots can have within the GDP per capita, unemployment rates and inequality, econometric estimations with panel data are made. It is concluded that robots have a positive impact on the GDP per capita whereas the impact on unemployment rates are negative and there is no influence on inequality.

*Key words:* Robots, GDP, employment, inequality, panel data.

*JEL classification:* E24, J24, O14

## ÍNDICE

1.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	4
2	<b>ROBOTS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL</b> .....	5
2.1	Definición de robot .....	6
2.2	Inteligencia artificial .....	7
2.3	Sustituibilidad o complementariedad de los robots.....	7
3.	<b>EFFECTOS DE LA ROBÓTICA: REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	8
3.1	Productividad .....	8
3.2	Cambios en el empleo .....	10
3.3	Desigualdad.....	13
3.4	Cambio organizacional.....	16
3.5	Imposición .....	18
4.	<b>ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE CINCO PAÍSES:</b> .....	21
4.1	Contextualización .....	21
4.2	Análisis comparativo.....	25
5.	<b>METODOLOGÍA ECONOMETRICA APLICADA</b> .....	28
5.1	Modelos econométricos .....	29
5.1.1	<i>Especificación de modelos</i> .....	29
5.1.2	<i>Hipótesis de partida</i> .....	31
5.2	Datos .....	32
5.4	Aplicación .....	34
5.5	Resultados.....	36
6.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	42
7.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	44
	<b>ANEXO</b> .....	48

## 1. INTRODUCCIÓN

Una consecuencia de la última Gran Recesión fue la caída de la producción y las elevadas tasas de desempleo de algunos países de la OCDE. Para muchas personas les supuso la pérdida de empleo, empeoramiento de sus condiciones en el nivel de vida y aumentos de las brechas de desigualdad y pobreza. Por otra parte, las mejoras continuas en la tecnología han hecho posible automatizar un número creciente de tareas. Así, la preocupación por el empleo perdura en el tiempo aun cuando la situación económica ha mejorado. Dicha inquietud se debe a que las nuevas tecnologías podrían sustituir una gran cantidad de empleos y causar desempleo tecnológico.

En general, se considera que los robots están asociados con una reducción en las ocupaciones elementales, aquellas que requieren niveles bajos de habilidades, y un aumento del empleo de alta cualificación. Más concretamente, se cree que la amenaza de desplazamiento es particularmente fuerte con los robots industriales, porque están diseñados para realizar tareas que hasta su aparición eran realizadas por humanos. A pesar de que haya sido debatido, el impacto de los robots en el mercado de trabajo no ha sido suficiente estudiado desde el punto de vista del análisis empírico. El presente trabajo pretende analizar el impacto de los robots en variables económicas relevantes como la productividad, el nivel de empleo y la desigualdad económica.

Gran cantidad de economistas, emprendedores, empresarios...han dado a conocer su opinión mostrando su aceptación o rechazo a la nueva era tecnológica. En ocasiones se habla de un crecimiento global del país con la introducción de los robots, también de un aumento de la desigualdad con la pérdida de la clase media; hasta se ha propuesto la idea de pagar impuestos y cotizaciones sociales sobre su uso, generando un gran debate en EEUU y en la Unión Europea. Si esto fuera cierto, supondría la pérdida de empleo para muchos trabajadores y beneficios extraordinarios para los poseedores de capital, por tanto, se plantean diversas cuestiones sobre el futuro de algunas regiones y de sus habitantes; ¿Cuáles son los verdaderos efectos de la introducción y difusión de robots en las principales variables económicas y sociales?

La estructura del trabajo se organiza como sigue. En la sección 2 se realiza un breve recorrido por la historia y definición de robots e inteligencia artificial. La sección 3 ofrece una revisión de la literatura sobre los efectos de la introducción de los robots en la productividad, los cambios en el empleo, la desigualdad, el cambio organizacional y la imposición. A continuación, la sección 4 se dedica a contextualizar y comparar cinco países

con un nivel considerable de desarrollo e implantación de la robótica industrial. En la sección 5, se realiza un análisis econométrico con datos de panel para una muestra de veintidós países de la OCDE sobre algunos efectos económicos del número de robots sobre el PIB per cápita, la tasa de empleo y desigualdad (y viceversa). Por último, la sección 6 recoge las principales conclusiones.

## **2. ROBOTS E INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

Es en el siglo XX cuando se inicia el desarrollo de la ingeniería en sus diferentes ramas, junto con la matemática, la física y el avance en computación de las últimas décadas es cuando surge el impulso definitivo que consigue crear máquinas autómatas que imiten el trabajo realizado por el hombre. Asimov utilizó por primera vez el término robot en 1950 y fue en un relato ambientado en 2056 donde postuló las tres leyes de la robótica: un robot no debe dañar a un ser humano ni, por su pasividad, dejar que un ser humano sufra daño; un robot debe obedecer las órdenes que le son dadas por un ser humano, excepto cuando estas órdenes están en oposición con la primera ley y un robot debe proteger su propia existencia, hasta donde esta protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley.

En 1938 H. Roselund y W. Pollard, construyen el primer brazo articulado para pintura al spray, lo que representó una nueva forma de entender la producción industrial al incorporar robots en las cadenas de producción.

Los primeros robots comerciales fueron desplegados en General Motors, plantas de fabricación de automóviles en los Estados Unidos a principios de los años 1960 y demostraron rápidamente su capacidad para realizar tareas automatizadas de forma más barata y eficiente que los humanos.

A mediados del siglo XX, surge la automatización flexible, en la que se persigue obtener la “máquina universal” como contraposición a la máquina especial. La máquina universal deberá ser de bajo coste, debido a que no se trata de una máquina a medida, y fácil de adaptar a cualquier proceso de fabricación. Este concepto de máquina universal es el que dio lugar a los robots industriales actuales, (Dorronsoro y Arbonés, 2000).

Los avances a lo largo de los años han sido notorios tanto en inteligencia artificial como en robótica. Hasta 1970 todos los robots funcionaban con actuadores hidráulicos, pero ese

año el Stanford Research Institute (SRI) construyó un manipulador accionado por motores eléctricos.

Las funciones de comunicación comenzaron a integrarse en los autómatas a partir del año 1973 y a partir de 1980 se investiga en controles informáticos y sensores, lo que potencia la construcción de robots inteligentes capaces de adaptarse al ambiente y tomar decisiones.

En 1995, el parque de robots industriales a nivel mundial alcanzó ya las 700000 unidades, generando importantes volúmenes de negocio. La robótica se ha ido consolidando en la vida de todos los ciudadanos teniendo una presencia en diferentes sectores.

Esta evolución producida a lo largo de los años ha hecho que se produzca un cambio significativo y ha supuesto la existencia de un servicio adicional al alcance de la actual sociedad, (Sánchez- Martín et al., 2007).

El mercado de la robótica se divide actualmente en dos categorías principales. Los primeros, robots industriales, esta categoría incluye robots tales como manipuladores, capaces de movimiento en tres o más ejes, empleados en una gama de industrias de mano de obra intensiva; con el mayor número de unidades instaladas en química, electrónica y fabricación de automóviles. La segunda categoría es la de robots de servicio, que se define por la Federación Internacional de Robótica como “robots que operan de forma semi o totalmente autónoma para realizar servicios útiles para el bienestar de los seres humanos y equipo, con exclusión de las operaciones de fabricación”, (OECD, 2009).

## **2.1 Definición de robot**

Sin embargo, a pesar de que han pasado años desde la primera aparición de la palabra robot, hoy en día no existe una definición exacta. Pese a la inexistencia de dicha definición de los robots que englobe todas sus características, existen múltiples definiciones que hacen referencia a los mismos.

La existencia de esas definiciones resulta confusa a la hora de estudiar el mercado japonés frente al occidental. Esto se debe a que en Japón se considera una clasificación amplia de robot industrial, englobando todo tipo de manipuladores, mientras que en el mercado occidental el robot industrial tiene una aceptación más restrictiva en cuanto a las capacidades de robot del manipulador, (Dorronsoro y Arbonés, 2000).

El informe final de la UE, Parlamento de la UE, sugiere que la definición de "robots inteligentes" (*smart robots*) debe basarse en las siguientes características: La adquisición de

autonomía mediante sensores y/o mediante el intercambio de datos con su entorno y el proceso y análisis de esos datos, auto aprendizaje por la experiencia y por interacción, un mínimo soporte físico, la adaptación de su comportamiento y acciones al entorno y la ausencia de vida en el sentido biológico, (Oberson, 2017).

La Asociación Japonesa de Robótica Industrial (JIRA) define robot como “dispositivos capaces de moverse de modo flexible, análogo al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo operaciones en respuesta a las órdenes humanas”. Adicionalmente, el Instituto de Robótica de América define robot industrial como “un manipulador multifuncional y programable diseñado para desplazar materiales, componentes, herramientas o dispositivos especializados por medio de movimientos programados variables con el fin de realizar tareas diversas”.

Sin embargo, la definición más aceptada quizás sea la de la IFR (International Federation of Robotics): “Por robot industrial de manipulación se entiende a una máquina de manipulación automática programable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la realización de trabajos diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento”, (Dorronsoro y Arbonés, 2000).

## **2.2 Inteligencia artificial**

Existe una gran diferencia con lo que llamamos inteligencia artificial, que podría definirse como la ciencia de construir máquinas para que hagan cosas, que si las hiciéramos los humanos, requerirían inteligencia. Sin embargo, según afirma la Boston Consulting Group, estos dos campos son altamente complementarios; “Las empresas pueden obtener ganancias rápidas a través de RPA (robotic process automation) mientras introducen estratégicamente la IA (artificial intelligence) para obtener beneficios sostenibles y optimización continua”.

## **2.3 Sustituibilidad o complementariedad de los robots**

Otro aspecto importante a la definición de robot será si los robots realmente reemplazan las actividades humanas convirtiéndose así en un producto sustitutivo o si por el contrario dichos robots actúan de forma complementaria al factor trabajo, mano de obra humana.

Los robots reemplazan cada vez más a las actividades humanas, a menudo de una manera más eficiente. (Oberson, 2017)

Sin embargo, también existen robots que complementan las actividades humanas como el ejemplo del Hospital Vithas Nuestra Señora de Fátima de Vigo que ha probado el robot 'Fisiobot', que está diseñado para realizar funciones de fisioterapia complementarias a las sesiones de un profesional.

Uno de los ejemplos de robots complementarios estudiado por la OCDE (2009) es el caso de los robots de asistencia que no pueden sustituir el cuidado humano, en cambio, podrían ofrecer ayuda cuando miembros de la familia, amigos o los proveedores de atención no están disponibles. También hay que señalar que los proveedores de atención profesionales pueden beneficiarse de los dispositivos y máquinas que realizan algunos de sus trabajos bajo su control, ayudando a los cuidadores a trabajar de forma más eficiente y entregar más en la misma cantidad de tiempo y a trabajar durante más tiempo, horas sin ser agotados físicamente.

Se supone que la tecnología complementa a los trabajadores muy cualificados y les brinda oportunidades de conseguir mejores empleos. (Acemoglu y Autor, 2011)

Por tanto, pueden ser los robots tanto complementarios como sustitutivos a los trabajadores según en qué tareas. Además como señala la OCDE, la repercusión de la automatización variará afectando a cada región de forma diferente según determinadas características de dicha región.

### **3. EFECTOS DE LA ROBÓTICA: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

#### **3.1 Productividad**

Desde el punto de vista económico se sostiene que los robots son fuente de una nueva revolución industrial mundial que será fruto de una mayor producción por una mayor eficiencia, lo que conllevará una mejora económica con una mayor posibilidad en la cesta de consumo de los hogares en consecuencia a una bajada de precios en los productos. La tecnología disruptiva puede hacer que los trabajadores sean más eficientes sin reemplazarlos y aumentar las ganancias, al mismo tiempo que mantiene o aumenta la fuerza laboral de una empresa, (Nedelkoska y Quintini, 2018).



Los aumentos de productividad y ventajas competitivas dependerán cada vez más de la capacidad de una empresa para diseñar e implementar procesos en los cuales los seres humanos y máquinas trabajan juntos, (IFR, 2018).

Además, cabe destacar que desde 1990 hasta 2005 el precio de los robots en seis principales economías desarrolladas se redujo aproximadamente en la mitad. Esta rápida disminución de los precios de robot condujo a una mayor utilización de robots en una gama de diferentes industrias, (Graetz Guy Michaels et al., 2015).

Adicionalmente, las políticas económicas influyen mucho en los efectos de la automatización en la demanda agregada. Si se comparten las ganancias de productividad y los salarios reales aumentan a la vez que crece la productividad, la automatización tenderá a impulsar el consumo privado, la demanda agregada y el empleo total, (Unctad, 2017).

Aun cuando no suceda así, en algunos países el empleo podría mantenerse estable o incluso aumentar si la mayor demanda de exportaciones absorbe la oferta adicional resultante del crecimiento de la productividad propiciado por la automatización

La reacción del mercado laboral ante el uso generalizado de nuevas tecnologías como los robots dependerá de la interacción entre los llamados efectos de "desplazamiento" y "compensación". Con efecto desplazamiento hace referencia a cómo los robots podrían requerir menos mano de obra para fijar el precio de cualquier producto. Se refiere a efecto compensación al hecho de conservar el empleo y que se vuelvan más productivos debido al aumento en el nivel de capital requerido, lo que supondrá un aumento en producción, en los salarios y en consecuencia en el gasto, (Mitha, 2017).

Sin embargo, aunque un factor importante para las empresas sea el coste de la mano de obra, no será el único ni más importante factor para la decisión de establecimiento en un país u otro. Muchas empresas que habían trasladado la producción, por ejemplo, a China, actualmente se quedan allí para tener acceso a la creciente demanda local. Se ve que la producción de manufacturas intensivas en mano de obra destinadas a mercados en rápido crecimiento de países en desarrollo y vinculada a la producción interna tiene pocas probabilidades de ser relocalizada, (Unctad, 2017).

Según Junji Tsuda, presidente de IFR (International Federation of Robotics) “La automatización está cambiando la forma en que trabajamos y, cada vez más, la forma en que vivimos. La automatización mejora la productividad y permite que las empresas y las

naciones permanezcan o se vuelvan competitivas. Permite nuevos modelos de negocios enfocados en proporcionar nuevos bienes y servicios, y ayuda a las compañías a mejorar la eficiencia y flexibilidad de suministro de esos bienes y servicios. Los economistas coinciden en que el aumento de la productividad es clave para mejorar el Producto Interno Bruto, el valor de los bienes y servicios producidos en un país y, a su vez, los empleos y los salarios.”

### **3.2 Cambios en el empleo**

La trayectoria de las anteriores revoluciones existentes muestra un lado positivo y otro negativo. Por un lado, al inicio de cada revolución y a corto plazo son muchos los puntos que se cuestionan o se rechazan; como en el siglo XIX, uno de los movimientos obreros más importantes, el ludismo, encabezado por artesanos ingleses que se manifestaron fuertemente contra las nuevas máquinas que destruían el empleo. Llegando incluso a destruir la moderna maquinaria en la producción textil que llevaba a la ruina a los telares tradicionales.

Persiste una gran incertidumbre en cuanto a la duración del “corto plazo”, el simple riesgo de que se prolonguen los efectos negativos en el empleo y la desigualdad es una razón suficiente para considerar la forma de minimizarlos, (Unctad, 2017).

Aunque el temor a la pérdida de empleo está actualmente generalizado por el auge de la automatización, los datos demuestran lo contrario. En España, el número de robots ha aumentado de forma generalizada cada año desde 2004 hasta 2017 (Anexo, gráfico 2) según la asociación española de robótica y automatización tecnologías de la producción. Sin embargo, la tasa de paro nacional ha ido disminuyendo, exceptuando el periodo de recesión económica (Anexo, gráfico 1) según el Instituto Nacional de Estadística.

Según Acemoglu y Restrepo (2017), cada robot introducido en una economía local por cada 1000 habitantes reduce el empleo en 0,37 puntos, es decir, 6,2 empleados por robot. Sin embargo, la consultora Deloitte afirma que la automatización ha destruido en Reino Unido 800000 empleos de baja cualificación durante los últimos tres lustros en su país mientras que esas nuevas tecnologías han creado 3,5 millones de nuevos puestos de trabajo con un mayor salario.

Cabe destacar que no todos los trabajos van a estar igual de afectados por la automatización actual. Existen muchos trabajos donde el ser humano todavía no es sustituible por un robot. Los trabajos donde la mano de obra humana será sustituida más

fácilmente son aquellos que son muy mecanizados, rutinarios y están muy estudiados por el ser humano y pueden ser codificados. Los datos más recientes nos indican que en España es el sector del automóvil el que más robótica utiliza seguido del metal y posteriormente del sector de alimentos y bebidas. (Anexo, gráfico 3).

Más difícil resulta que los robots sustituyan a las personas en tareas más abstractas, como las creativas, la solución de problemas y las tareas complejas de coordinación, así como en otras tareas no repetitivas, por ejemplo, las que requieren destreza física o comunicación interpersonal flexible. (Unctad, 2017)

El otro lado de las revoluciones muestra que el periodo antes mencionado se trata de un periodo de adaptación. Posteriormente y a largo plazo, a medida que las ganancias de la revolución se extienden, aunque muchos de los trabajos que antes de cualquier revolución se pierdan, reaparecen nuevos trabajos que son necesarios para cada cambio que se da; en el caso del automóvil, fueron necesarios mecánicos, por ejemplo.

Existen dos formas de afrontar la automatización por países, en primer lugar hablamos de viabilidad económica para hacer referencia a términos de coste laboral unitario relativo y en segundo lugar se tiene en cuenta la viabilidad técnica de cada región. Por tanto, el sector con mayor potencial para el uso de robots, será aquel que combine una gran viabilidad tanto económica como técnica de automatización de tareas repetitivas, (Unctad, 2017).

Lo que destaca la International Federation of Robotics (2018) es que lo que puede ser diferente esta vez, es el ritmo de cambio en los perfiles y habilidades, requisitos de trabajo, que parece ser más rápido que en el pasado, como lo demuestra el hecho de que, según la compañía de reclutamiento de mano de obra, el 65% de los puestos de trabajo los niños de hoy llevará a cabo todavía no existen.

Estos nuevos trabajos, funciones, actividades... que aparecen fruto de la automatización, son llamados nuevas tareas. Las nuevas tareas son consecuencia de las aplicaciones de la inteligencia artificial y pueden ser intensivas en trabajo. Se deben requerir nuevas habilidades, si la fuerza de trabajo no las tiene, el progreso se verá obstaculizado, (Mit y Restrepo, 2018).

Se crearán nuevos perfiles de trabajo que serán generalmente de más alta calificación, mejor pagados y darán a los trabajadores una mayor autonomía. Aun así, los trabajadores también seguirán llevando a cabo las tareas de rutina, ya sea porque no es económicamente viable

automatizarlas, o porque la automatización ha creado nuevas tareas rutinarias que requieren habilidades humanas. Los empleadores harán más hincapié en las habilidades 'blandas', tales como la resolución de problemas, la toma de decisiones bajo presión y la comunicación., (IFR, 2018).

Como ya se ha mencionado anteriormente, los costes de mano de obra pueden cobrar menos importancia en los costes totales a causa de la automatización y, en consecuencia, relocalizar las empresas más cerca del cliente. Sin embargo, la relocalización de la producción en los países de origen no significa que los empleos que “regresan” son los mismos que se fueron; ya que quizás solo una parte de la mano de obra, que corresponderá a los trabajadores muy cualificados, se verán beneficiados del regreso. De hecho, la relocalización probablemente influya más en la producción manufacturera que en el empleo, (Unctad, 2017).

Aun así, parte de la población ve este crecimiento económico de una forma amenazante. Sostienen que muchos empleos van a ser destruidos a causa de una sustitución de la mano de obra humana por robots. Dicha sustitución supondrá un aumento significativo del desempleo y por ende un empeoramiento de muchos hogares sobre su situación económica actual. A causa del despliegue demasiado rápido de robots, podría existir un desajuste de trabajadores más rápido que lo que los sectores van a poder absorber, (Mitha, 2017).

Según un reporte de la OCDE, cerca de uno de cada dos empleos van a ser afectados significativamente por la automatización. Además, un 32% de los empleos de estos países tienen un riesgo de entre 50% y 70% de que se dé un cambio significativo en la forma en que estos trabajos se llevan a cabo.

Si hacemos referencia a un ámbito internacional, según la OCDE, la variación de la automatización entre países es grande, por ejemplo, el 33% de los empleos en Eslovaquia es altamente automatizable, mientras que este es solo el caso con el 6% de los empleos en Noruega.

Los datos anteriores nos llevan a plantearnos la pregunta que se hizo David Autor “¿Por qué todavía existen tantos puestos de trabajo?”. David Autor hace referencia a la existencia de dos principios económicos: la junta tórica y la codicia o insaciabilidad humana.

El primer principio está basado en concebir el trabajo como una serie de pasos entrelazados, como eslabones de una cadena; donde cada uno de estos enlaces debe ajustarse para que la visión tenga éxito. Si todos los eslabones son frágiles no tomaremos demasiado tiempo para el siguiente eslabón ya que sabemos que tarde o temprano se romperá, sin embargo si todos los eslabones son fuertes y eficientes nos esforzaremos más en cada uno de ellos; lo que nos lleva al segundo principio, la insaciabilidad.

Por tanto, llevaremos a cabo trabajos cada vez más específicos y complicados para mejorar en cada uno de los procesos hasta llegar a nuevas invenciones. El problema que plantea entonces la automatización según David Autor será que la administración de la riqueza que esta crea, ya que consigue un mayor trabajo en menor tiempo, no está regulada por ninguna ley.

Un claro ejemplo de que dicha administración es fundamental en el proceso, es la comparación entre dos países como Noruega y Arabia Saudí, ricos en petróleo pero han administrado su riqueza de muy diferente manera llegando a diferentes formas de vida dentro de cada territorio.

Por tanto, a modo de conclusión, el reto que nos plantea la automatización hoy en día no será no quedarnos sin trabajo, sino que muchos de los nuevos empleos que se están creando sean buenos empleos y no se destruyan los trabajos de clase media y se dé una polarización del empleo, (D. Autor, 2016).

### **3.3 Desigualdad**

Las principales razones por las que las empresas están adoptando los robots son: pueden trabajar de forma continua normalmente y llevar a cabo las funciones de las 24 horas del día, reducen considerablemente el tiempo que se necesita para llevar a cabo una actividad dentro de la línea de producción y pueden influir en la variedad de productos que producen las empresas, (De Backer et al., 2018).

Otra de las principales ventajas de la robótica, parece ser el potencial para estandarizar la calidad, e influir en la producción de nuevos productos complejos. Por un reequipamiento en las líneas de producción con sistemas automatizados y robóticos, las empresas pueden obtener un mayor rendimiento de producción con una mayor eficiencia, un menor número de valores por defecto del producto, y una mayor flexibilidad en el procesamiento de pedidos; lo que resulta en la mejora del proceso. Además, los robots que emplean, también pueden mejorar la capacidad de una empresa para introducir, productos de alta calidad, de

nuevo diseño más eficiente que los competidores, permitiendo de ese modo la mejora del producto, (OCDE, 2013).

Otro de los principales beneficios del uso de robot se deriva de la eliminación de condiciones peligrosas o mejora de las condiciones de trabajo.

El aumento de la automatización y la robótica disminuirán en general la importancia de los costes de mano de obra en los costes totales de producción, por lo tanto, como ya se ha nombrado antes, una mayor eficiencia de los robots y con menores costes está haciendo que sea más rentable en algunos casos a las empresas para trasladar la producción cerca del país de origen. Esto puede ser particularmente pertinente para las empresas en los países desarrollados, que anteriormente han deslocalizado los puestos de trabajo a los países en desarrollo para beneficiarse de los menores costes laborales y para mediante la localización de la producción más cerca del cliente final, puedan adaptar y productos de diseño basados en los intereses cambiantes del mercado local, (De Backer et al., 2018).

Otra de las ventajas de los nuevos robots es, que a diferencia de los robots fijos tradicionales, los robots móviles pueden ser fácilmente reubicados en toda la planta de producción y reconfigurados para llevar a cabo nuevas tareas y el uso de nuevas herramientas de forma rápida para mejorar notablemente la variedad de productos, (Michalos et al, 2016; Michalos et al, 2015).

Por tanto, es probable que el funcionamiento de los robots solo requiera un pequeño número de trabajadores muy cualificados, en lugar de la gran cantidad de trabajadores con distintos grados de cualificación que complementaban las anteriores innovaciones tecnológicas, (Unctad, 2017).

Lo que conlleva, que el principal riesgo de la digitalización sea un futuro en el que el crecimiento de la productividad solamente redunde en beneficio de los propietarios de los robots y los titulares de los derechos de propiedad intelectual incorporados en ellos, así como de algunos trabajadores muy cualificados cuya adaptabilidad y creatividad para resolver problemas complementen la inteligencia artificial, en tanto que los demás se verán condenados al empleo precario y la “desigualdad automatizada”, (Unctad, 2017).

La desigualdad de ingresos ha aumentado en las últimas tres décadas en las economías avanzadas, con un amplio patrón de rápido crecimiento de ingresos en la parte superior y el estancamiento en la parte inferior.

Es probable que el cambio tecnológico haya contribuido a ampliar la desigualdad de los ingresos laborales desplazando la demanda de mano de obra hacia alta-cualificación y hacia tareas de baja-cualificación menos automatizables.

Por lo tanto, no sólo será un reto comprender los beneficios de la productividad de las nuevas tecnologías en toda la economía; también será necesario garantizar que los trabajadores compartan ampliamente estas prestaciones, (OECD, 2018).

Investigaciones de la OCDE sugieren que la dispersión salarial está vinculada a la dispersión de productividad entre empresas con la globalización y la digitalización reforzando este vínculo.

Las empresas fronterizas han estado en mejores condiciones de asegurar un rendimiento de la productividad superior, que puede haberse traducido en salarios más elevados pagados a sus empleados, representando parte del aumento de la desigualdad de ingresos entre las empresas. A su vez, una mayor desigualdad en los ingresos limita la capacidad de los grupos de bajos ingresos para contribuir al crecimiento económico, obstaculizando su capacidad de invertir en educación y aptitudes de calidad durante toda su vida y la de sus hijos.

Los países desiguales también muestran un mayor desequilibrio de competencias, con importantes efectos negativos en la productividad. Además, las grandes desigualdades ponen en peligro el futuro crecimiento y el potencial de productividad debido a la baja participación en la fuerza de trabajo, el bajo empleo y la vinculación marginal al mercado de trabajo.

Muchos especialistas en tecnología y expertos han propuesto la renta básica universal (RBU) como una forma de enfrentar el fantasma del desempleo causado por los avances en el campo de la inteligencia artificial. La RBU otorgaría a cada persona, sin ninguna condición a cambio, un monto mensual para cubrir las necesidades básicas y así evitar caer debajo de la línea de la pobreza. Según sus defensores, los beneficios de la RBU serían eliminar la pobreza, distribuir de manera más justa la riqueza generada por medio de la tecnología y contribuir a que las personas prosperen. Además, puede darnos la posibilidad de imaginar juntos una economía que recompense la innovación y al mismo tiempo permita que todas las comunidades subsistan de forma equitativa. Los críticos consideran que la RBU es un engaño que desmantelaría el Estado de bienestar y que se trata de una política mal planteada que les quitaría a las personas la sensación de orgullo y autorrealización que genera trabajar, además de una respuesta completamente inadecuada para los problemas estructurales. (Johnson, 2018)

### 3.4 Cambio organizacional

Cuando se da una nueva revolución existe un cambio en la sociedad, empleo y producción; debe haber un periodo que debe ser asimilado; se debe crear una nueva educación o en muchos casos reeducación para satisfacer las nuevas necesidades o recolocarse en el mercado laboral. Se debe llevar a cabo una nueva educación basada en el principio de que actualmente los cambios son constantes y se necesitan mejoras, así se conseguirá que los trabajadores se mantengan al día con la tecnología. En general, hay una falta de correspondencia entre las competencias requeridas y los sistemas necesarios para entregarlos. De esta forma, se verá el juego de la velocidad de ajuste y las ganancias, (IFR, 2018).

Será un reto especial para las economías emergentes mejorar la educación y la formación de la fuerza de trabajo, a fin de satisfacer las necesidades de competencias que se desplazan de la destreza manual y las habilidades funcionales básicas hacia capacidades más cognitivamente intensivas como el análisis de datos, la resolución de problemas y el pensamiento crítico. A falta de tales esfuerzos, el futuro del trabajo corre el riesgo de convertirse en una oportunidad perdida con el aumento de las desigualdades y la profundización de los desequilibrios de competencias. (OECD, 2018)

Fruto de la automatización muchos más tipos de trabajo estarán disponibles para las personas cuyo acceso al mercado de trabajo se ha visto limitado por la incapacidad física o por la disminución de la fuerza física en la vejez, (IFR, 2018).

Por tanto, cerrar la brecha de habilidades existentes que está creando una ralentización del crecimiento, requerirá vínculos más estrechos entre las empresas e instituciones educativas para que coincida la oferta con la demanda, (IFR, 2018).

Las empresas deben introducir estas tecnologías a través de un claro programa de gestión de cambios que aborde su impacto en las funciones organizativas y operativas, así como en los empleados, que a menudo se sienten amenazados por los robots y otros métodos que transforman la mano de obra. Las organizaciones necesitan tanto una percepción realista de los riesgos y beneficios de la automatización e inteligencia como una comprensión clara de los objetivos que desean alcanzar. Tanto trabajadores como ejecutivos pueden descubrir que necesitan nuevas habilidades para aprovechar las oportunidades cambiantes, (P. Gerbert et al., 2017).



Las organizaciones también deben cambiar sus capacidades para que puedan satisfacer dos necesidades. La primera y obvia necesidad es encontrar una forma de contratar empleados con habilidades tecnológicas modernas en un momento en que la competencia por estas personas sea alta. La otra necesidad, más sutil, es capacitar a los empleados desplazados para nuevos roles y responsabilidades, (P. Gerbert et al.,2017).

Una estrategia más eficaz y sostenible consistiría en hacer hincapié en el papel de las políticas macroeconómicas nacionales, incluido el gasto público en actividades (como el gasto social) que mejoren la calidad de vida de los ciudadanos y tengan efectos multiplicadores en la producción y el empleo, (Unctad, 2017).

Las empresas que más se beneficiaran de estos planes nuevos de educación donde el sector público invierte serán las PYMES que históricamente son las que menos han invertido en la automatización por el alto coste de los robots como de la cualificación de la mano de obra de su empresa para crear un entorno favorable de trabajo entre trabajadores y máquinas.

Para las empresas, algunas características son relevantes a la hora de llevar a cabo el diseño de los robots, se debe hacer hincapié en la adaptabilidad como en la flexibilidad para la realización de tareas, en la seguridad que se debe proporcionar al consumidor del robot por tenerlo y usarlo y una de las prioridades más nombradas es la importancia de los costes aceptables, ya que son esenciales para los mercados globales. Dichos costes pueden ser alcanzados mediante el uso de componentes fácilmente disponibles y la reducción de la complejidad del diseño mecánico, (OECD, 2009).

A modo general, tanto las empresas como las instituciones deben proporcionar a los trabajadores desplazados una red de seguridad que garantice tanto a ellos como a sus familias que no caigan en la pobreza y ayudarles a encontrar un nuevo trabajo.

Además, existen diferentes medidas que han surgido para salvaguardar la seguridad y salud laboral. Para ello se puede contar con salario mínimo, la protección del empleo mediante normas de tiempo de trabajo u otras coberturas de las instituciones.

El salario mínimo tendrá especial relevancia para aquellos trabajadores que se sitúen en las partes más bajas, es decir, la mano de obra menos cualificada, (OECD, 2017).

La adaptación a la automatización exige unos cambios que afectan a la estructura de la empresa, y que suelen requerir como mínimo replanteamientos de los comportamientos, actitudes y hábitos de sus miembros, así como de las tareas a realizar. Como indica un

estudio realizado por la Universitat Politècnica de Valencia, necesitamos una estructura organizativa que apoye el intercambio de información para facilitar el cambio tecnológico. Podemos decir que una organización con capacidad de adaptación tiene rasgos más próximos a una organización orgánica que a una organización mecánica. En las estructuras orgánicas, los técnicos o especialistas deberán poseer conocimientos específicos requeridos para su puesto de trabajo y estar capacitados para emitir juicios y tomar decisiones sobre problemas complejos que vayan apareciendo. Dichas organizaciones se caracterizan por ser flexibles, por tener empleados con capacidad de decidir y ausencia de rígidas normas y reglas de trabajo.

La cultura empresarial también es importante para asimilar el cambio tecnológico. El cambio de la cultura organizativa debe ser participativo para que los miembros de la organización se sientan implicados en el proceso de adaptación.

### **3.5 Imposición**

Además, uno de los temas más destacados respecto a la figura del robot es la amplia y actual discusión sobre la necesidad de la existencia de una figura tributaria asociada a dichos elementos. Si así fuera, para que esto pudiera ser posible, los robots deberían ser determinables desde un punto de vista legal.

Se pueden observar diferentes posturas y actuaciones respecto a la imposición sobre la automatización por sus posibles consecuencias sociales y económicas.

Una de las voces más oídas sobre la imposición en los robots es la postura defendida por Bill Gates. El cofundador de Microsoft menciona que si las compañías están convencidas en reclutar a robots como fuerza laboral, deberán asumir consecuencias. El cambio en la mano de obra tendrá consecuencias para los trabajadores, pero también para las compañías que deberían seguir pagando los mismos impuestos.

Defiende que si un trabajador realiza el trabajo necesario para la compañía, el esfuerzo es sometido a impuestos sobre la renta e impuestos de la seguridad social y por tanto si el robot puede realizar el mismo trabajo, deberá ser gravado igualmente. Los gobiernos deben cobrar un impuesto a los robots, de esta forma el impuesto a los robots permitiría financiar el entrenamiento de las personas laboralmente desplazadas. Bill Gates considera necesario tener políticas que respondan a la sustitución de la mano de obra humana por robots que cada vez cobra más importancia.

Gates considera que es negativo que la gente sienta más miedo que entusiasmo por la innovación y considera que la vía de los impuestos a la automatización es mejor para gestionar esto que simplemente prohibir algunos aspectos de la misma.

Robert Shiller, el economista ganador de premio nobel ha considerado la propuesta de los impuestos a los robots y al igual que Bill Gates es un partidario para aplicarlos. Defiende que los gobiernos podrían usar el dinero recaudado de los impuestos a los robots para financiar los servicios humanos, como la renta universal básica o la capacitación necesaria para trabajadores desplazados, que ayudaría a remediar la desigualdad de ingresos.

Un impuesto a los robots podría ralentizar el proceso de automatización existente y acabaría con el problema antes señalado por S.Mitha (2017). También defendido por la UNCTAD (2017) que ha sugerido que, si se frenara la automatización gravando los robots con un impuesto, la economía tendría más tiempo para adaptarse, y al mismo tiempo se obtendrían ingresos fiscales para financiar esa adaptación.

Sigue en debate sobre qué figura debe recaer la carga tributaria; si debe ser sobre el robot o sobre el uso del robot, que en este caso el impuesto sería pagado por el empleador ya que se beneficia de lo que el robot ofrece. Dichos impuestos servirían para financiar el desequilibrio social y la exclusión que va a suponer la sustitución por robots.

Sin embargo, un aumento de la productividad basado en la entrada de robots supondría un aumento de pago de las empresas de impuestos ya que aumentarían sus beneficios, pero el aumento que esto supone para los fondos tributarios del gobierno son menores a la disminución por los ingresos personales de los trabajadores.

Otro punto de vista es la negatividad hacia un impuesto para los robots ya que de esta forma castigáramos con una mayor tributación a quienes más invierten para la mejora de la productividad y de las fábricas. Adicionalmente, se produciría un desplazamiento al extranjero donde no existiera ese impuesto ya que sería posible el auge de los robots sin pagarlo; daría lugar a unos productos cada vez menos competitivos comparados con el exterior.

Adicionalmente, semejante impuesto podría dificultar los usos más beneficiosos de los robots: aquellos en los que trabajadores y robots se complementan, y los que pueden contribuir a la creación de nuevos productos y empleos basados en la digitalización, (Unctad, 2017).

En enero de 2017, el Parlamento Europeo aprobó un informe acerca de normas de Derecho civil sobre robótica. En dicho informe, los diputados al Parlamento Europeo instan a la Comisión Europea a que adopte legislación para aclarar cuestiones de responsabilidad. Asimismo, proponen un código de conducta ética voluntario en el campo de la robótica para investigadores y diseñadores, con objeto de garantizar que actúan de conformidad con las normas jurídicas y éticas, y que el diseño y el uso de robots respeten la dignidad humana. El Parlamento pidió también a la Comisión Europea que considere la creación de una agencia europea para la robótica y la inteligencia artificial.

Sobre la base del informe, la Comisión de Asuntos Jurídicos del Parlamento (JURI) decidió celebrar una consulta pública. Esta consulta intentó recabar distintos puntos de vista sobre la mejor manera de afrontar los retos éticos, económicos, jurídicos y sociales relacionados con los avances en el ámbito de la robótica y la inteligencia artificial para uso civil. Por medio de las preguntas formuladas se pretendía obtener un mejor conocimiento de los posibles riesgos y problemas que la robótica y la inteligencia artificial pueden plantear a las partes interesadas y determinar cómo podrían abordarse estas cuestiones a nivel europeo.

Hubo dos cuestionarios:

Un cuestionario general, dirigido al público en general o no especializado. Un cuestionario especializado, dirigido a un público más especializado compuesto por las principales partes interesadas, como empresas, organizaciones de consumidores, universidades, autoridades públicas u otros profesionales cuya actividad esté relacionada con la robótica y la inteligencia artificial.

Siendo el resultado de la votación final en la comisión competente para el fondo positiva, con diecisiete votos a favor, dos en contra y dos abstenciones.

Sin embargo, este punto de vista también tendrá consecuencias negativas ya que aumentaría de forma significativa la sustitución por unos menores costes y los beneficios aumentarían. A consecuencia, la desigualdad de cualquier nación aumentaría beneficiando a los dueños de capital y perjudicando a los de trabajo.

Por tanto, se debería buscar que los tipos impositivos sean iguales para hombres que para robots y por ende las decisiones de los empresarios no sean tomadas únicamente por una razón impositiva.

## 4. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE CINCO PAÍSES:

### 4.1 Contextualización

#### *España*

España es uno de los países europeos que en los últimos años ha llevado a cabo el desarrollo y aplicación de la automatización y la robótica. Según ha señalado la Asociación Española de robótica y automatización tecnologías de la producción, en 2018 España fue la séptima potencia mundial en robótica. Desde el año 2004 la evolución del parque robótico español ha ido aumentando hasta ahora. Se registraron unos aumentos significativos desde el año 2004 hasta el año 2007 y desde entonces hasta la actualidad ha seguido aumentando de forma más moderada, (aeratp, 2017).

Sin embargo, otros países europeos se encuentran por encima de España respecto al desarrollo robótico.

Pueden ser muchos los factores que explican el desarrollo de la robótica en la península Ibérica, para ello, se tendrá en cuenta diferentes indicadores económicos y sociales. En primer lugar, uno de los dilemas sociales es el impacto de la robotización en los actuales empleos; por un lado está la preocupación de los nuevos puestos de trabajos que existen y existirán para los que la sociedad no posee plenas facultades. Para ello, se demandará la necesidad de una nueva educación con mayores fondos públicos para satisfacer las necesidades de las actuales empresas. En este caso, sin embargo, España no es uno de los países que más invierte en educación, es el quinto país de la Unión Europea que menos dinero invierte. Como muestra el gráfico, la inversión española educativa ha tenido una tendencia creciente hasta 2009 alcanzando valores máximos del 4,8% de su PIB y posteriormente ha decrecido hasta llegar al 4,2% del mismo.

Tampoco es alto el gasto de España en investigación y desarrollo, siendo algo más bajo que la media del de la Unión Europea de 1,87% del PIB, alcanzando su punto más alto en un 1,35% del PIB, aunque con una tendencia creciente anterior a la recesión.

Sin embargo, la fuerza laboral con educación avanzada en España supone alrededor de un 80% de la fuerza total. Es decir, un alto porcentaje de la población, posee una educación avanzada con la cual se pueden cubrir los puestos que requieren mayores habilidades, habilidades blandas o resolución de problemas, como los que exige la nueva revolución, a diferencia de las tareas rutinarias antes requeridas.

Por el lado del empleo, más destacado, será el temor a la pérdida del puesto de trabajo al ser sustituido por un robot. La tasa de desempleo nos mostrará si realmente el aumento del parque robótico español ha supuesto una pérdida de los mismos. El desempleo español se ha caracterizado por tener una trayectoria decreciente desde el año 2000 hasta el 2008, sin embargo, en el año 2008 hasta el 2013 la tasa de paro aumentó significativamente llegando a obtener unos niveles del 26% del total de la población activa; dicho fenómeno no puede ser causado por la robotización, coincidiendo estos años con la recesión económica que sufrió España. Posteriormente y hasta la actualidad la tasa sigue siendo de tendencia decreciente. Por tanto, la revolución de la robótica no ha provocado aumentos en la tasa de desempleo en España.

El crecimiento del PIB, de igual forma que el empleo, se vio afectado por la recesión económica realizándose su recuperación de forma a partir de 2014 y con un incremento de un 1.67% hasta el 2017.

A modo de conclusión, como se indica anteriormente, España es uno de los países a nivel mundial importante en el desarrollo y uso de robots, sin embargo, dicho crecimiento se vio obstaculizado por la recesión económica que afectó a todos los sectores de actividad. Sorprende, de este modo entonces, que la situación de España sea desarrollada en cuanto a la robótica con las condiciones que se han descrito anteriormente: bajo coste en educación, en desarrollo e investigación.... Además se afirma que la entrada de la robótica al país no ha afectado negativamente ni a su productividad ni a la tasa de empleo.

### ***Alemania***

Alemania es uno de los países pioneros en robótica de Europa. Según la estimación de la Asociación Española de robótica y automatización tecnologías de la producción, es el país europeo con un mayor suministro de robots industriales.

Alemania es un país que igualmente es consciente por la preocupación y la necesidad de empleados plenamente preparados para los nuevos puestos de trabajo del mercado que ofrece la robotización. Bajo este punto de vista, es un país que desde 2012 ha ido aumentando paulatinamente su gasto como porcentaje del PIB en educación hasta la actualidad.

Un promedio del 75% del total de la fuerza laboral de la población activa posee educación avanzada, lo que supondrá una gran oferta para las empresas de personas altamente cualificadas para cubrir los puestos demandados. Sorprende la baja tasa de fuerza laboral

con educación básica que estaría más enfocado a tareas repetitivas que pueden ser sustituidas por un robot.

Adicionalmente, el gasto público en investigación y desarrollo está por encima de la media europea llegando a tomar valores de hasta un 2,93% del PIB. Esta gran inversión explicaría el alto número de investigadores y técnicos dedicados a investigación y desarrollo en Alemania y su gran crecimiento a lo largo de los años.

El desempleo en Alemania siempre se ha situado en índices muy bajos, además en estos últimos años ha descendido llegando en 2018 al 3,72% del total de la población activa. Por tanto, no se podría asociar en este caso un aumento del desempleo con el auge de la robotización alemana ya que como se ha mencionado anteriormente es un país con trabajadores altamente cualificados con posibilidades de empleo.

En resumen, Alemania es una de las potencias europeas en robots que a diferencia del miedo social existente, se trata de un proceso de robotización sin límites donde el desempleo continúa reflejando una trayectoria decreciente, con un alto grado en desarrollo e investigación. Además, la mayoría de la población activa se ve beneficiada de este contexto al tratarse de una población con alta educación la cual ve oportunidades para su empleo y futura rentabilidad económica. Está viviendo una prosperidad económica con un continuado crecimiento del producto interno bruto desde 2013.

### ***EEUU***

Estados Unidos es un brillante ejemplo de un país que está liderando el mundo en el uso de la robótica en todas las operaciones. Sorprende que en 2009, la inversión en robótica dentro de los EEUU totalizó menos de 40 billones USD \$, sin embargo, su rápido crecimiento hizo alcanzar la sorprendente cifra de 86 mil millones USD en 2015 y de 732 billones USD \$ en 2017, liderando así la inversión en robótica, (CEBR, 2017).

Este gran despliegue del mundo de la robótica acaecido en este país, no ha tenido duras consecuencias para su situación laboral. Aunque lo previsto hubiera sido que la tasa de desempleo aumentará por encima de lo nunca visto, dicha robotización ha hecho que la tasa tome una tendencia decreciente desde el 2011 bajando en 4 puntos porcentuales desde entonces, alcanzando valores del 4% del total de la población activa.

La prosperidad en el tema de la robótica que ha experimentado EEUU puede deberse a que es un país que tiene altos gastos en educación como porcentaje del PIB por encima de los 5 puntos porcentuales. Esta alta inversión, explicaría el gran porcentaje de fuerza laboral

con educación avanzada situándose en torno al 70% desde el año 2000. Aun así, puede apreciarse un descenso en los últimos años del gasto educativo que ha tenido también repercusión en la fuerza laboral.

Adicionalmente, el gasto en inversión y desarrollo como porcentaje del PIB se encuentra algo por encima de los países europeos nombrados anteriormente, en torno a una media de un 2.7%. Además, el número de investigadores dedicados a investigación y desarrollo por cada millón de personas ha aumentado considerablemente desde el año 2008.

Por tanto, la fuerza laboral existente en EEUU indica a población activa preparada para la alta demanda por parte de las empresas de especialistas en robótica y tecnología.

A modo de conclusión, EEUU es uno de los países donde la robótica se ha visto introducida en cada uno de los sectores de actividad y empresas; se ha visto favorecida por una situación gubernamental que ha impulsado el campo robótico mediante inversiones en desarrollo e investigación y educación. A partir de 2009, se ha desarrollado rápidamente, compitiendo ahora con las grandes potencias en este tema como China o Japón.

### ***Corea***

Corea del Sur es una de las economías con mayor desarrollo en nuevas tecnologías, siendo la robótica uno de sus adelantos principales. Corea en 2015 era el país con mayor número de robots industriales por cada 10000 empleados en la industria de la manufactura, (IFR, 2016).

El producto interno bruto posee una tasa creciente en torno a un 3% desde 2010, lo que se podría explicar por unas bajas tasas de desempleo en la región. Siempre ha sido uno de los países con el desempleo más bajo de la OCDE, sin embargo, sorprende para muchos ciudadanos, que el nivel de desempleo no haya aumentado fruto de la robotización de los procesos de trabajo. Ello ha sido gracias a un enfoque que concilia productividad, seguridad laboral y bienestar, (BCN, 2018).

Como se ha mencionado anteriormente, existen nuevas perspectivas de trabajo en los países donde la robotización es un tema presente, es por eso, que Corea ha ido aumentando su gasto en educación como porcentaje del PIB a lo largo de los años llegando a niveles tan altos como un 5,3%. Ello explicaría el paulatino aumento que se está llevando a cabo en la fuerza laboral poseedora de educación avanzada.

El gasto en investigación y desarrollo como porcentaje del PIB que llevaba a cabo Corea era muy alto en 2009 y ha ido aumentando significativamente hasta la actualidad en más de



un 1%. Lo que supone que el número de investigadores dedicados a investigación y desarrollo tome cifras muy altas, 7113 por cada millón de personas.

Por tanto, Corea es uno de los países que aprovecha las ventajas de la automatización e intenta que los humanos interactúan con los robots como punto de partida. Ello ha supuesto un rápido crecimiento del uso del robot en los últimos años potenciado por un alto gasto público en investigación y desarrollo que ha dado como resultado unas altas tasas de empleo para todo el país.

### ***Japón***

Japón es el paraíso para los robots, están fuertemente implantados en su sociedad y con vistas de que su importancia siga creciendo, (Ruiz, 2016).

El caso de este país es peculiar ya que a diferencia del temor a la pérdida de puestos de trabajo en otros países, en Japón se confía en los robots para solucionar los problemas de falta de mano de obra y personal de servicios.

Japón tiene una alta inversión del porcentaje de su PIB en inversión y desarrollo lo que explicaría el gran número de población dedicada a investigadores en este tema. Sin embargo, sorprende el bajo índice de población dedicada a ser técnicos de investigación y desarrollo comparado con otros países similares como puede ser Corea; diferenciándose en más de quinientos por cada millón de personas.

La tasa de desempleo japonesa ha sido muy baja durante todos los años desde el 2000, sin embargo desde 2014 ha ido disminuyendo situándose actualmente en valores tan bajos como un 2,44% de la población activa total.

## **4.2 Análisis comparativo**

Con los datos obtenidos de diferentes fuentes (OCDE, Banco Mundial y SWIID) se llevará a cabo la comparación económica, social, laboral y de desigualdad para ver como dichos indicadores han podido influir más o menos en la creación de economías más enfocadas en el mundo de la automatización o si se han alejado del mismo. Además, se podrá ver los efectos que la automatización ha producido en cada uno de los países.

En primer lugar, algunas de las causas por las que la automatización se ha podido desarrollar en los países descrito son: el gasto público en desarrollo e investigación, el gasto público en educación, los salarios percibidos por los trabajadores y la fuerza laboral existente en un país, entre otros.

La compensación que reciben los trabajadores puede ser un buen punto de partida para explicar la automatización de algunos países, al ser la mano de obra muy cara y suponer uno de los costes más importantes para la producción de cualquier empresa, las empresas plantean sustituir la cara mano de obra por robots que disminuyan los costos de producción.

Tanto EEUU como Alemania son países donde el coste de la mano de obra es elevado y ha mantenido una tendencia creciente a lo largo de los años, ello podría explicar la alta automatización de sus procesos de producción. A diferencia de Corea, donde la mano de obra humana siempre ha mantenido unos salarios bajos, sin embargo, desde 2011 hasta la actualidad ha ido aumentando ese coste hasta convertirse en una gran parte de los costes totales, probablemente puede que sea ello una de las causas claves para el gran proceso de robotización ocurrido en el país.

La tendencia de España sin embargo difiere con los países antes señalados, es un país que ha mantenido el coste de la mano de obra constante con el tiempo y no ha sido especialmente elevado, es por ello, quizás, que no sea uno de los países del mundo con el mayor desarrollo en robótica. Japón sin embargo siempre ha mantenido unos sueldos bajos y competitivos a nivel global, aun así, se está cambiando la mano de obra barata por mano de obra robótica.

El gasto asociado a la educación como parte del PIB también será importante para el progreso del país y la renovación de puestos de trabajo de educación avanzada. A diferencia de España; EEUU, Corea y Alemania se sitúan en puestos superiores invirtiendo más en educación. Sin embargo y aunque sorprenda, España se sitúa a la cabeza en el porcentaje existente de fuerza laboral con educación avanzada del total de la población activa de todos los países analizados; aun así también se sitúa en primer lugar en la fuerza laboral con educación básica. Es por ello que la robotización se ve menos implantada en España, ya que como se supone, el alto porcentaje de fuerza laboral con educación básica no podrá ejercer las nuevas tareas fruto de la automatización, sino que continuarán ejerciendo tareas rutinarias, las cuales cada vez son mayormente sustituidas por mano de obra robótica.

Adicionalmente, son los países que más invierten en desarrollo y educación los que más han implantado la robótica y automatización de los procesos. Tanto Corea como Japón se sitúan a la cabeza del gasto seguidos de Alemania y Estados Unidos y en último lugar España.

Es por ello, que este orden coincide con el número de investigadores dedicados a investigación y desarrollo existentes en cada país; teniendo ambos gráficos tendencias cuasi iguales.

En segundo lugar, existe un amplio debate de las consecuencias que supone y supondrá la automatización de los distintos procesos de producción. Muchas son las personas que afirman que destruyen puestos de trabajo y aumentan la desigualdad; sin embargo existen también defensores de la automatización afirmando que aumentará la productividad y supondrá unas ganancias extraordinarias tanto para la empresa como para los trabajadores.

Para ello, se analizarán las consecuencias que ha tenido hasta ahora la actual automatización mediante los indicadores de desigualdad, desempleo y producto interno bruto.

Como se ha mencionado en repetidas veces, existe el temor a la pérdida de empleo al ser sustituido por mano de obra robótica. Sin embargo, omitiendo el periodo de recesión económica llevado a cabo por España, en los últimos años donde España ya ha recuperado su posición laboral, es el país con la tasa de desempleo más alta de todos los mencionados anteriormente, siendo este el país con un menor porcentaje de automatización. En el otro extremo se encuentra Japón, que siendo uno de los países más desarrollados en robótica, presenta las tasa más bajas de desempleo.

Adicionalmente, el PIB ha seguido una tendencia creciente en todos los países, por lo que se podría confirmar que el uso de robots y la introducción de los mismos junto con otros factores han supuesto un aumento de la productividad en los países mencionados.

Otro de los puntos más discutidos respecto al proceso de automatización puede ser la distribución de ingresos; es decir, que se cree una desigualdad entre los miembros de la sociedad. Esto es, los dueños de los robots o los productores de los mismos gozarán de una posición económica privilegiada al poder beneficiarse de sus beneficios al igual que los trabajadores con mano de obra cualificada que puedan aprovecharlos, sin embargo, surgiría una brecha entre esta población y el otro extremo, que las personas con unas bajas posibilidades para ello o los no poseedores de capital. Para analizar este posible efecto, se tendrá en cuenta el índice de desigualdad de Gini. Tanto Japón como Corea, presentan tendencias decrecientes en el índice de Gini desde el año 2010 y 2006 respectivamente, lo que indicaría que el proceso de automatización de dichos países no ha tenido consecuencias negativas para la desigualdad. Sin embargo, España, Alemania y EEUU presentan tendencias crecientes y obtienen unos valores más altos de desigualdad que los dos países anteriormente mencionados.

## 5. METODOLOGÍA ECONOMETRICA APLICADA

En esta sección trata de encontrar evidencia de los efectos de la aplicación de la robótica en algunos países que pueden influir de distinta forma en algunas variables económicas. Por lo tanto, se trata de mostrar si realmente el uso de la robótica, además de otras variables ha influido significativamente, a favor, en contra en el PIB per cápita, en la desigualdad y en el empleo.

Los modelos econométricos que se desarrollan tratan de tomar como variables dependientes el PIB per cápita, la tasa de empleo y la desigualdad. De esta forma, se eligen las variables que a priori pueden influir y otras independientes explicativas.

Para comenzar, se estima un modelo inicial en el que el número de robots sea la variable dependiente y consideramos como variables independientes el PIB per cápita, la tasa de empleo y la desigualdad en la distribución de la renta, de esta forma se empieza mostrando el efecto que tiene los cambios en el PIB per cápita, tasa de empleo y la desigualdad en el número de robots.

En primer lugar, se estima la variable dependiente, Inversión per cápita, para saber qué efecto produce la introducción de robots en uno de los componentes del PIB. Posteriormente y con el resultado obtenido se analiza el efecto de la inversión en el PIB. A partir de esto, se obtiene una relación entre el número de robots en la economía y el producto interno bruto.

En segundo lugar, la tasa de empleo se explica en función de las variables: educación terciaria, PIB, gasto en educación llevado a cabo en un país, gasto en investigación y desarrollo y por supuesto, número de robots.

Por último, la variable a explicar es la desigualdad en la distribución de la renta que se da a conocer mediante el índice de Gini, es una medida de la desigualdad que normalmente se utiliza para medir la desigualdad en los ingresos dentro de un país, es un número entre 0 y 100, en donde 0 es la perfecta igualdad y 100 corresponde a la perfecta desigualdad. De esta forma, se tienen en cuenta como variables explicativas: la educación terciaria existente en un país determinado, la tasa de empleo y el uso de robots.

Se estima el modelo de datos de panel por efectos fijos y efectos aleatorios, con el test de Hausman se escoge entre un modelo u otro a partir de este contraste:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0: \text{el error específico no está correlacionado (efectos aleatorios)} \\ H_1: \text{en caso contrario} \end{array} \right.$$

Con el modelo inicial y los posteriores tres modelos que se estiman, se pretende observar las consecuencias que tiene la introducción de robots en el PIB per cápita, en la tasa de empleo y en el índice de desigualdad. Con esta primera aclaración de los modelos, se procede a explicar detalladamente cada uno.

## 5.1 Modelos econométricos

### 5.1.1 Especificación de modelos

En concreto, los modelos se determinan:

#### MODELO INICIAL

- Número de robots  $_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{PIBpc}_{it} + \beta_2 \text{empleo}_{it} + \beta_3 \text{índice de Gini}_{it} + u_{it}$
- $\forall i=1, \dots, 22 \quad \forall t=2005, \dots, 2015$

Donde:

Número de robots $_{it}$  son los robots industriales por cada 10.000 empleados en la industria manufacturera.

PIBpc $_{it}$  es el producto interno bruto en US\$ a precios actuales dividido por la población de cada país.

Empleo $_{it}$  se define como una medida de la medida en que se utilizan los recursos laborales disponibles (personas disponibles para trabajar), se mide como porcentaje de la población en edad de trabajar.

Índice de Gini $_{it}$  es un porcentaje entre 0 y 100.

#### MODELO 1

- Inversión pc  $_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{número de robots}_{it} + u_{it}$
  - PIB  $_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{Inversión pc}_{it} + u_{it}$
- $\forall i=1, \dots, 22 \quad \forall t=2005, \dots, 2015$

Donde:

Inversión $_{it}$  es la formación bruta de capital en US\$ a precios actuales dividida por la población de cada país.

Número de robots $_{it}$  son los robots industriales por cada 10.000 empleados en la industria manufacturera.

PIBpc<sub>it</sub> es el producto interno bruto en US\$ a precios actuales dividido por la población de cada país.

## MODELO 2

- Empleo<sub>it</sub> =  $\beta_0 + \beta_1 \text{número de robots}_{it} + \beta_2 \text{gasto en educación}_{it} + \beta_3 \text{educación terciaria}_{it} + \beta_4 \text{PIBpc}_{it} + u_{it}$   
 $\forall i=1, \dots, 22 \quad \forall t=2005, \dots, 2015$

Donde:

Empleo<sub>it</sub> se define como una medida de la medida en que se utilizan los recursos laborales disponibles (personas disponibles para trabajar), se mide como porcentaje de la población en edad de trabajar.

Número de robots<sub>it</sub> son los robots industriales por cada 10.000 empleados en la industria manufacturera.

Gasto en educación<sub>it</sub> es el gasto directo en instituciones educativas, así como subsidios públicos relacionados con la educación otorgados a hogares y administrados por instituciones educativas. Este indicador se muestra como un porcentaje del PIB.

Educación terciaria<sub>it</sub> es un indicador contempla el nivel de educación de adultos según lo define el nivel más alto de educación (todas las trayectorias formativas post-secundarias) se mide como un porcentaje de la población de la misma edad.

PIBpc<sub>it</sub> es el producto interno bruto en US\$ a precios actuales dividido por la población de cada país.

## MODELO 3

- Desigualdad<sub>it</sub> =  $\beta_0 + \beta_1 \text{número de robots}_{it} + \beta_2 \text{empleo}_{it} + \beta_3 \text{educación terciaria}_{it} + u_{it}$   
 $\forall i=1, \dots, 22 \quad \forall t=2005, \dots, 2015$

Donde:

La desigualdad se mide con el índice de Gini<sub>it</sub> es un porcentaje entre 0 y 100.

Número de robots<sub>it</sub> son los robots industriales por cada 10.000 empleados en la industria manufacturera.

Empleo<sub>it</sub> se define como una medida en la que se utilizan los recursos laborales disponibles (personas disponibles para trabajar), se mide como porcentaje de la población en edad de trabajar.

Educación terciaria<sub>it</sub> es un indicador que contempla el nivel de educación de adultos según lo define el nivel más alto de educación (todas las trayectorias formativas post-secundarias) se mide como un porcentaje de la población de la misma edad.

Para todos los modelos se tiene que:

$u_{it}$  es el término de error o perturbación de la regresión.

$i$  = número que le corresponde a cada país

$t$  = año concreto dentro del periodo observado

### 5.1.2 Hipótesis de partida

Con referencia a los parámetros o coeficientes a estimar se espera que los signos de los mismos sean los recogidos en la siguiente tabla:

**Cuadro 1: Hipótesis de partida de los parámetros**

MODELO	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$
Modelo Inicial	+	+/-	+/-	
Modelo 1.1	+			
Modelo 1.2	+			
Modelo 2	+/-	+	+	+
Modelo 3	+/-	-	-	

En todas aquellas casillas donde se indica un signo positivo y uno negativo hace referencia a que en la hipótesis de partida puede variar el signo de los parámetros según si hablamos de robots complementarios (signo positivo) o sustitutivos (signo negativo) a la mano de obra humana. Excepto en el modelo 3, que se dará de forma contraria; si los robots son complementarios  $\beta_1$  tendrá un signo negativo, se indica así que cuantos más robots complementarios a la mano de obra humana haya, menor será la desigualdad y viceversa.

## 5.2 Datos

Las variables obtenidas desde la base de datos proporcionada por el Banco Mundial son:

Consumo, exportaciones, gasto público, inversión, importaciones, PIB y población.

Las variables obtenidas del catálogo de bases de datos de la OCDE son:

Tasa de empleo, gasto en educación y porcentaje de educación terciaria.

La variable número de robots ha sido obtenida de International Federation of Robotics (2015) y la variable del índice de Gini de (Solt, 2019).

El periodo elegido es el de 2005-2015, principalmente porque son unos años recientes y la disponibilidad de datos es mayor, además el desarrollo de la robótica y la inteligencia artificial se encuentra en pleno apogeo y es ahora cuando se tienen en cuenta sus efectos, ya que en años anteriores no había tenido un desarrollo suficiente como para la existencia de una repercusión en la economía de cada país.

En cuanto a los países que se estudian, la primera idea es seleccionar todos aquellos países pertenecientes a la OCDE. Sin embargo, se excluyen algunos de estos países para los cuales no se dispone de información.

De esta forma, no existe disponibilidad de información del gasto en educación para la mayoría de los periodos en los países: Austria, Reino Unido, Grecia, Luxemburgo y Nueva Zelanda. De igual forma se rechaza Estonia ya que no se tiene información del valor de las exportaciones. Por último, se excluyen del estudio Canadá, Chile, Irlanda, Islandia, Israel, Lituania, Luxemburgo y Letonia ya que no poseemos datos del número de robots en cada país.

Por tanto, los países estudiados son: Australia, Bélgica, República Checa, Alemania, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Hungría, Italia, Japón, Corea, México, Países Bajos, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, Eslovenia, Suecia, Turquía y Estados Unidos. En este mismo orden.

Como el programa que se utiliza para llevar a cabo la estimación es el programa de Gretl, se deben reorganizar los datos recopilados. Se asigna un número a cada país, de esta forma ponemos los datos por columnas; en la primera columna están los años, en la segunda los países asignados por números y en todas las siguientes todos los valores de cada variable para cada uno de los años y cada país.



Como hemos dicho antes el orden de los países, se ordena de la siguiente forma en Excel para posteriormente introducir los datos en GRETTL. A continuación, se obtiene mediante el programa de Gretl los estadísticos descriptivos principales para cada una de las variables:

**Cuadro 2: Excel**

AÑOS	PAÍSES
2005	1
2006	1
2007	1
2008	1
2009	1
2010	1
2011	1
2012	1
2013	1
2014	1

Representando el número 1 al país Australia, el número 2 a Bélgica y así continuadamente con la lista anteriormente descrita. En la columna de años representamos cada uno de los 11 años estudiados para cada país y además tenemos posteriormente tantas columnas como variables.

A continuación, se obtiene mediante el programa de Gretl los estadísticos descriptivos principales para cada una de las variables:

**Cuadro 3: Datos y estadísticos descriptivos**

VARIABLE	MEDIA	DESV. TÍPICA	MIN	MAX.	UNIDADES	FUENTE
ROBOTS	102,83	92,224	1	478	Número de robots industriales por cada 10.000 empleados en la industria manufacturera.	IFR
PIB pc	35405	19787	7384,3	103060	US\$ a precios actuales	Banco Mundial
EMPLEO	65,365	7,2521	44,23	77,95	Porcentaje de la población en edad de trabajar	OCDE Data
DESIGUALDAD	30,319	5,6163	23,223	46,704	Porcentaje	SWIID
INVERSIÓN pc	8252,2	4924,4	1596,6	28722	US\$ a precios actuales.	Banco Mundial
GASTO EN EDUCACIÓN	4,2722	0,90905	2,665	6,582	Porcentaje del PIB	OCDE Data
EDUCACIÓN Terciaria	28,3	10,018	10,24	49,54	Porcentaje	OCDE Data

## 5.4 Aplicación

Al importar la muestra en el programa Gretl me indica que la muestra es un conjunto de datos de panel con 22 unidades de sección cruzada observada durante 11 periodos.

Se comienza por el modelo inicial; se estima el número de robots dependiente del PIB per cápita, tasa de empleo y la desigualdad. Llama la atención el R-cuadrado, ya que toma un valor muy elevado (0,898671), lo que lleva a pensar que las variables tienen tendencias significativas en el tiempo, es decir que las variables son estacionarias. Para resolver esta situación, se recurre a incluir variables relacionadas con el tiempo en el modelo de regresión.

De esta forma, se aplica un operador de diferencia sobre las variables del modelo, representa el incremento de las variables desde el instante anterior calculando la diferencia entre cada dato y el anterior (siempre se pierde el primer panel).

Además, no se tiene en cuenta este modelo ya que nos indica un valor Durbin-Watson, que mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior, cercano a cero (0,759863) que hace concluir la posible presencia de autocorrelación.

Ahora, el resultado de aplicar diferencias a la variable dependiente, es un R-cuadrado que tiene más sentido que el obtenido anteriormente. Se comprueba el valor de Durbin-Watson para descartar presencia de autocorrelación.

Por último, se estima el modelo resultante por efectos aleatorios, en el contraste de Hausman, se confirma si los determinantes del modelo de datos de panel son más consistentes teniendo como base el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios (es decir, que el error específico del grupo no está correlacionado, hipótesis nula).

El modelo uno se realiza en dos pasos; para empezar se estima la inversión per cápita dependiente del número de robots. Llama la atención el R-cuadrado, ya que toma un valor muy elevado (0,909943), lo que lleva a pensar que las variables tienen tendencias significativas en el tiempo, es decir que las variables son estacionarias. Para resolver esta situación, se recurre a incluir variables relacionadas con el tiempo en el modelo de regresión.

De esta forma, se aplica un operador de diferencia sobre la variable inversión per cápita, representa el incremento de la variable inversión per cápita desde el instante anterior calculando la diferencia entre cada dato y el anterior (siempre se pierde el primer panel).

Además se aplica el operador diferencia a la variable número de robots para estimar de igual forma la repercusión de la evolución del número de robots sobre la evolución de la inversión per cápita.

Además, no se tiene en cuenta este modelo ya que nos indica un valor Durbin-Watson, que mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior, cercano a cero (0,788598) que hace concluir la posible presencia de autocorrelación.

Ahora, el resultado de aplicar diferencias a la variable dependiente, es un R-cuadrado que tiene más sentido que el obtenido anteriormente. Se comprueba el valor de Durbin-Watson para descartar presencia de autocorrelación.

De igual forma pasa en el segundo paso del modelo uno, estimando PIB per cápita dependiente de la inversión per cápita; valor de R-cuadrado (0,985096) y Durbin-Watson (0,422585). Se resuelve de la misma forma indicada para el paso uno y se obtiene un nuevo modelo para analizar.

Por último, se estima el modelo resultante por efectos aleatorios, en el contraste de Hausman, se confirma si los determinantes del modelo de datos de panel son más consistentes teniendo como base el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios (es decir, que el error específico del grupo no está correlacionado, hipótesis nula).

En segundo lugar, se estima el modelo número 2 mediante la opción de datos de panel, efectos fijos. De igual forma, llama la atención el R-cuadrado, ya que toma un valor muy elevado (0,941443), lo que lleva a pensar que las variables tienen tendencias significativas en el tiempo, es decir que las variables son estacionarias. Para resolver esta situación, se recurre a incluir variables relacionadas con el tiempo en mi modelo de regresión.

De esta forma, se aplica un operador de diferencia sobre la variable empleo, representa el incremento de la variable empleo desde el instante anterior calculando la diferencia entre cada dato y el anterior (siempre se pierde el primer panel). Además se aplica el operador diferencia a la variable PIB para estimar de igual forma la repercusión de la evolución del PIB per cápita sobre la evolución del empleo.

Además, no se tiene en cuenta este modelo ya que nos indica un valor Durbin-Watson, que mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior, cercano a cero (0,288422) que hace concluir la posible presencia de autocorrelación.

Ahora, el resultado de aplicar diferencias a la variable dependiente y al PIBpc, es un R-cuadrado que tendrá más sentido que el obtenido anteriormente. Se comprueba el valor de Durbin-Watson para descartar presencia de autocorrelación.

Por último, se estima el modelo resultante por efectos aleatorios, en el contraste de Hausman, se confirma si los determinantes del modelo de datos de panel son más consistentes teniendo como base el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios (es decir, que el error específico del grupo no está correlacionado, hipótesis nula).

En tercer lugar, se estima el modelo número 3 mediante la opción de datos de panel, efectos fijos. Llama la atención el R-cuadrado, ya que toma un valor muy elevado (0,983001), lo que lleva a pensar que las variables tienen tendencias significativas en el tiempo, es decir que las variables son estacionarias. Para resolver esta situación, se recurre a incluir variables relacionadas con el tiempo en mi modelo de regresión.

De esta forma, se aplica un operador de diferencia sobre la variable de desigualdad en la distribución de la renta, representa el incremento de la variable índice de Gini desde el instante anterior calculando la diferencia entre cada dato y el anterior (siempre se pierde el primer panel).

Además, no se tiene en cuenta este modelo ya que nos indica un valor Durbin-Watson, que mide el grado de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y la anterior, cercano a cero (0,81547) que hace concluir la posible presencia de autocorrelación.

Ahora, el resultado de aplicar diferencias a la variable dependiente, es un R-cuadrado que tendrá más sentido que el obtenido anteriormente. Se comprobará el valor de Durbin-Watson y se descarta presencia de autocorrelación.

Por último, se estima el modelo resultante por efectos aleatorios, en el contraste de Hausman, se confirma si los determinantes del modelo de datos de panel son más consistentes teniendo como base el modelo de efectos fijos o el modelo de efectos aleatorios (es decir, que el error específico del grupo no está correlacionado, hipótesis nula).

Sin embargo, el modelo estimado de esta forma, nos indica que ninguna de las variables es significativa para explicar la evolución del índice de Gini.

## **5.5 Resultados**

Con lo nombrado anteriormente, los resultados obtenidos son:

**Cuadro 4: Resultados del modelo inicial**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_Robots				
	Coeficiente	Valor p	Coeficiente	Valor p
Constante	-1,03425	0,5946	-1,1324	0,6145
d_PIBpc	0,00286396	0***	0,0028316	0***
d_Empleo	-6,85229	0,0014***	-6,21985	0,0012***
d_Desigualdad	2,30583	0,4158	2,67216	0,4891
R-cuadrado		0,191380		
Durbin-Watson		1,264590		
Contraste de Hausman			0,619562	

\*\*\*→Variable significativa al 1%

Se exponen a continuación los resultados del modelo inicial:

El resultado de aplicar diferencias a las variables del modelo es un R-cuadrado de 0,191380 y un valor del estadístico Durbin-Watson de 1,264590, lleva a concluir que no existe autocorrelación. Para decidir con qué modelo se interpretan los resultados obtenidos (efectos fijos o efectos aleatorios), se tiene en cuenta el valor de contraste de Hausman, en este caso 0,619562, de forma que no se rechaza la hipótesis nula y la estimación tiene propiedad de consistencia en efectos aleatorios.

En primer lugar, se puede concluir que la evolución anual del PIB per cápita es significativa al 1%. El coeficiente de la evolución anual del PIB per cápita es 0,0028316 lo que significa que por cada incremento en una unidad de la variación anual del PIB per cápita esperada, la variación de la evolución anual del número de robots industriales por cada 10000 empleados, aumentará en 0,003.

En segundo lugar, la evolución anual de la tasa de empleo es significativa al 1%. El coeficiente de la evolución anual de la tasa de empleo es -6,21985 lo que significa que por cada incremento en una unidad de la tasa de empleo esperada, la variación de la evolución anual del número de robots industriales por cada 10000 empleados, disminuirá en 6,22%.

Por tanto, se puede concluir que los cambios en el PIB pc y en la tasa de empleo influirán en el número de robots de cada país y que, sin embargo, los cambios en el índice de desigualdad no lo harán.

## MODELO 1

En primer lugar se muestra la relación directa entre la evolución anual del número de robots con la evolución anual del PIB per cápita y posteriormente se demuestra su relación a través de la variable inversión per cápita.

**Cuadro 5: Resultados del modelo uno**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_PIBpc				
	Coeficiente	Valor p	Coeficiente	Valor p
Constante	496,205	0,075*	495,301	0,0821*
d_Robots	47,3644	0***	47,1518	0***
R-cuadrado		0,125161		
Durbin-Watson		1,646304		
Contraste de Hausman			0,890182	

\*\*\*→Variable significativa al 1%

\*→ Variable significativa al 10%

**Cuadro 6: Resultados del modelo uno**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_Inversiónpc				
	Coeficiente	Valor p	Coeficiente	Valor p
Constante	77,8984	0,4218	77,8701	0,4439
d_Robots	9,75762	0,0038***	9,72912	0,002 ***
R-cuadrado		0,060241		
Durbin-Watson		1,755503		
Contraste de Hausman			0,956995	

\*\*\*→Variable significativa al 1%

**Cuadro 7: Resultados del modelo uno**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_PIBpc				
	Coefficiente	Valor p	Coefficiente	Valor p
Constante	216,987	0,0218 **	262,523	0,0459**
d_Inversiónpc	2,74492	0***	2,73706	0***
R-cuadrado		0,854107		
Durbin-Watson		1,577978		
Contraste de Hausman			0,385129	

\*\*\*→ Variable significativa al 1%

\*\*→ Variable significativa al 5%

Se exponen a continuación los resultados del modelo 1:

El resultado de aplicar diferencias a las variables del modelo es un R-cuadrado de 0,060241 y un valor del estadístico Durbin-Watson de 1,75550, lleva a concluir que no existe autocorrelación. Para decidir con qué modelo se interpretan los resultados obtenidos (efectos fijos o efectos aleatorios), se tiene en cuenta el valor de contraste de Hausman, en este caso 0,956995, de forma que no se rechaza la hipótesis nula y la estimación tiene propiedad de consistencia en efectos aleatorios.

En primer lugar, se concluye que la evolución anual del número de robots es significativa al 1%. El coeficiente de la evolución anual del número de robots es 9,72912 lo que significa que por cada incremento en una unidad de la variación anual del número de robots esperada, en este caso en robots por cada 10000 empleados, la variación de la evolución anual de la inversión per cápita aumentará en 9,73 dólares americanos.

De la misma forma, con un valor R-cuadrado de 0,854107 y un estadístico Durbin-Watson igual a 1,577978 se descarta la posibilidad de autocorrelación. El valor obtenido en el contraste de Hausman, 0,385129 concluye que no se rechaza la hipótesis nula siendo más consistente el modelo estimado por efectos aleatorios. En segundo lugar, la evolución anual de la inversión per cápita es significativa al 1%. El coeficiente de la evolución anual de la inversión per cápita es 2,73706 lo que significa que por cada incremento en una unidad de la variación anual de la inversión per cápita, la variación de la evolución anual del PIB per cápita aumentará en 2,74 dólares americanos.

Por tanto, se puede concluir que un aumento en la variación anual del número de robots, supone crecimiento anual de la inversión per cápita y el crecimiento anual de la inversión

supone crecimiento anual de PIB per cápita. Es por ello entonces, que el crecimiento anual del número de robots en una economía supone crecimiento en el PIB per cápita de la misma.

## MODELO 2

**Cuadro 8: Resultados del modelo dos**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_Empleo				
	Coeficiente	Valor p	Coeficiente	Valor p
Constante	1,32294	0,3443	1,69927	0,0509*
Robots	-0,004248	0,0486**	-0,0042982	0,0112**
Gasto en educación	-0,960168	0,0007***	-0,76303	0***
Educación terciaria	0,117537	0,000033***	0,0753281	0,0001***
d_PIBpc	9,79E-05	0***	0	0,000***
R-cuadrado			0,348725	
Durbin-Watson			1,124313	
Contraste de Hausman			0,0382178	

\*\*\*→ Variable significativa al 1%

\*\*→ Variable significativa al 5%

\*→ Variable significativa al 10%

Se exponen a continuación los resultados del modelo 2:

El resultado de aplicar diferencias a las variables empleo y PIBpc del modelo es un R-cuadrado de 0,348725 y un valor del estadístico Durbin-Watson de 1,124313, lleva a concluir que no existe autocorrelación. Para decidir con qué modelo se interpretarán los resultados obtenidos (efectos fijos o efectos aleatorios), se tiene en cuenta el valor de contraste de Hausman, en este caso 0,0382178, de forma que se rechaza la hipótesis nula y el modelo es más consistente en efectos fijos.

En primer lugar, se concluye que todas las variables estudiadas son significativas para la evolución anual de la tasa de empleo.

El número de robots es significativo al 5%. El coeficiente del número de robots es -0,004248 lo que significa que por cada incremento en una unidad del número de robots esperada, en este caso en robots por cada 10000 empleados, la variación de la evolución anual de la tasa de empleo disminuirá en un 0,0042.



El gasto en educación como porcentaje del PIB es significativo al 1%. El coeficiente del gasto en educación es -0,960168 lo que significa que por cada incremento en una unidad del gasto en educación como porcentaje del PIB la variación de la evolución anual de la tasa de empleo disminuirá en un 0,9602.

La educación terciaria como porcentaje de la población en edad de trabajar es significativa al 1%. El coeficiente de la educación terciaria es 0,117537 lo que significa que por cada incremento en una unidad del porcentaje de la educación terciaria, la variación de la evolución anual de la tasa de empleo aumentará en un 0,1175.

El coeficiente de la evolución anual del PIB per cápita es 9,79E-05 lo que significa que por cada incremento en una unidad de la variación anual del PIB per cápita, la variación de la evolución anual de la tasa de empleo aumentará en 9,79E-05.

A modo de conclusión, la variación de la tasa de empleo anual estará condicionada por las variables antes descritas. El número de robots en la economía por cada 10000 empleados, como ya hemos dicho, afectará negativamente a la evolución de la tasa de empleo anual. Esto se puede deber a que los robots implantados desde 2005 hasta 2014, en los países antes mencionados, son robots sustitutivos a la mano de obra humana (Anexo, gráfico 4).

### MODELO 3

**Cuadro 9: Resultados del modelo tres**

EFECTOS FIJOS			EFECTOS ALEATORIOS	
Variable dependiente: d_Desigualdad				
	Coeficiente	Valor p	Coeficiente	Valor p
Constante	1,97617	0,3039	-0,323154	0,6916
Robots	0,0001131	0,9446	0,0003367	0,7373
Empleo	-0,028551	0,3143	0,0025491	0,8578
Educación terciaria	-0,003875	0,8472	0,0045102	0,6942
R-cuadrado		0,070037		
Durbin-Watson		2,376680		
Contraste de Hausman			0,572284	

Se exponen a continuación los resultados del modelo 3:

El resultado de aplicar diferencias a las variables del modelo es un R-cuadrado de 0,070037 y un valor del estadístico Durbin-Watson de 2,376680, lleva a concluir que no existe autocorrelación. Para decidir con qué modelo se interpretarán los resultados obtenidos

(efectos fijos o efectos aleatorios), se tiene en cuenta el valor de contraste de Hausman, en este caso 0,572284, de forma que no se rechaza la hipótesis nula y la estimación tiene propiedad de consistencia en efectos aleatorios.

En primer lugar, se puede concluir que ninguna de las variables estudiadas es significativa para la evolución anual del índice de Gini.

Todas ellas presentan un valor p alto que lleva a no rechazar el contraste de significatividad de las betas con el que se confirma que el efecto de cada variable en la evolución anual del índice de Gini es igual a cero. Además todos los coeficientes lo indican así, todos ellos son muy cercanos a cero.

## **6. CONCLUSIONES**

Las consecuencias percibidas durante los últimos años por la introducción y la difusión de los robots en la vida cotidiana han provocado un interés por el análisis de las relaciones entre los principales indicadores económicos y sociales con el número de robots.

La introducción de la robótica como factor complementario o sustitutivo a la mano de obra deriva en numerosas fuentes de conflicto e interés entre reconocidos economistas donde las opiniones y conclusiones no siempre son coincidentes.

Los principales motivos por los que países desarrollados como España, Alemania, EEUU, Japón y Corea han introducido los robots en sus economías son la necesidad de búsqueda de mano de obra con costes reducidos y los altos niveles de educación de los países que resulta un incentivo para la investigación, el desarrollo y la innovación.

La evolución del número de robots tiene una influencia directa en la evolución del PIB per cápita; existe una relación positiva entre ambas variables que conduce a afirmar que cuando la evolución del número de robots industriales en una región aumenta, la evolución del PIB per cápita aumenta.

La evolución de la tasa de empleo está condicionada por el gasto en educación, la educación terciaria, la evolución del PIB per cápita y del número de robots. De nuestros resultados del análisis empírico, podemos concluir que el número de robots tiene una relación negativa con la evolución de la tasa de empleo.

Sin embargo, de las estimaciones realizadas, la relación con la desigualdad en la distribución de la renta, se puede concluir la ausencia de una relación empírica entre el número de robots y el índice de Gini en los años 2005 a 2015 y en los países de la muestra seleccionada.

Tras este análisis del impacto de la robótica en las principales variables económicas conviene señalar que los resultados obtenidos son preliminares y deben tomarse con cautela. En este sentido, insistir la necesidad de profundizar los análisis e investigaciones sobre los determinantes y el impulso de los robots en la economía y en la sociedad.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Aeratp. (2017). *Estadísticas de robótica industrial en España*. Recuperado de <https://www.aer-automation.com/wp-content/uploads/2017/06/estudio-completo-2017.pdf>
- Autor, D. (2016). *Will automation take away all our jobs?(Archivo de video)* Recuperado de [https://www.ted.com/talks/david\\_autor\\_why\\_are\\_there\\_still\\_so\\_many\\_jobs](https://www.ted.com/talks/david_autor_why_are_there_still_so_many_jobs)
- BCN. (2018). La apuesta de Corea del Sur por la robotización para aumentar el empleo y la competitividad- Programa Asia Pacífico. Recuperado de <https://www.bcn.cl/observatorio/asiapacifico/noticias/robotica-corea-del-sur-empleo-productividad>
- CEBR. (2017). Will post-Brexit Britain hinder a robo-revolution? | *Centre for Economics and Business Research*. Recuperado 27 de febrero de 2019, de <https://cebr.com/reports/new-study-shows-u-s-is-world-leader-in-robotics-automation/>
- De Backer, K., Destefano, T., Menon, C., & Suh, J. R. (2018). Industrial robotics and the global organisation of production. *Working Paper 2018/03*. <https://doi.org/10.1787/dd98ff58-en>
- Definición de robot - *Irene robótica*.(s. f.). Recuperado 23 de febrero de 2019, de <https://sites.google.com/site/irenerobotica/3-definicion-de-robot>
- Dorronsoro, M. y Arbonés, A. (2000). *Retos ante el nuevo milenio*, España.
- Escolano Ruiz, F. (2003). *Inteligencia artificial: modelos, técnicas y áreas de aplicación*. Thomson. Recuperado de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_spC6S7UfZgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=inteligencia+artificial+robotica&ots=sPivHGNrCY&sig=nmljrOZDFv1Dz3uQacKUpo-Jwt0#v=onepage&q=inteligencia artificial robotica&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_spC6S7UfZgC&oi=fnd&pg=PP1&dq=inteligencia+artificial+robotica&ots=sPivHGNrCY&sig=nmljrOZDFv1Dz3uQacKUpo-Jwt0#v=onepage&q=inteligencia%20artificial%20robotica&f=false)
- Gerbert, P., Grebe, M., Hecker, M., Rehse, O., Roghé, F., Döschl, S. y Steinhäuser, S. (2017). Powering the Service Economy with Robots and AI. Recuperado 10 de febrero de 2019, de <https://www.bcg.com/publications/2017/technology-digital-operations-powering-the-service-economy-with-rpa-ai.aspx>
- Graetz Guy Michaels, G., Caselli, F., Manning, A., & Pischke, S. (2015). Robots at Work. *Discussion Paper, 1335*. Recuperado de <http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>

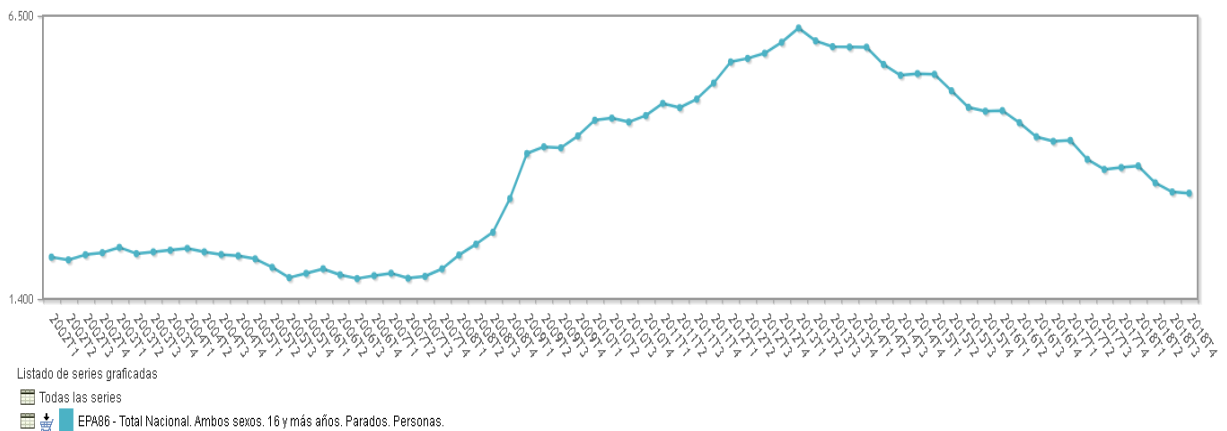
- Guillermo Vega. (2017). Estos economistas calculan cuántos empleos quita cada robot | Tendencias | *El País Retina*. Recuperado 10 de febrero de 2019, de [https://retina.elpais.com/retina/2017/04/11/tendencias/1491926694\\_103219.html](https://retina.elpais.com/retina/2017/04/11/tendencias/1491926694_103219.html)
- IFR. (2016). World Robotics Report 2016 - *International Federation of Robotics*. Recuperado 27 de febrero de 2019, de <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/world-robotics-report-2016>
- IFR. (2017). The Impact of Robots on Productivity, Employment and Jobs. *Positioning paper*. Recuperado de [https://ifr.org/img/office/IFR\\_The\\_Impact\\_of\\_Robots\\_on\\_Employment.pdf](https://ifr.org/img/office/IFR_The_Impact_of_Robots_on_Employment.pdf)
- IFR. (2018). Robots and the workplace of the future. *Positioning paper*. Recuperado de [https://ifr.org/downloads/papers/IFR\\_Robots\\_and\\_the\\_Workplace\\_of\\_the\\_Future\\_Positioning\\_Paper.pdf](https://ifr.org/downloads/papers/IFR_Robots_and_the_Workplace_of_the_Future_Positioning_Paper.pdf)
- INE. (s. f.). Encuesta de Población Activa (EPA). Recuperado 23 de febrero de 2019, de [https://www.ine.es/prensa/epa\\_prensa.htm](https://www.ine.es/prensa/epa_prensa.htm)
- Johnson, S. (2018). ¿Qué problema se quiere solucionar con la renta básica universal? | *Red Renta Básica*. Recuperado 11 de marzo de 2019, de <http://www.redrentabasica.org/rb/que-problema-se-quiere-solucionar-con-la-renta-basica-universal/>
- Junji Tsuda. (2018). President's Report - *International Federation of Robotics*. Recuperado 10 de febrero de 2019, de <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/presidents-report-4-2018>
- Mit, D. A. y Restrepo, P. (2018). *Artificial Intelligence, Automation and Work* \*. Recuperado de <https://www.nber.org/chapters/c14027.pdf>
- Mitha, S. (2017). Robots, technological change and taxation. *Tax Journal*. Recuperado 23 de enero de 2019, de <https://www.taxjournal.com/articles/robots-technological-change-and-taxation-14092017>
- Nafria, I. (2018). Ranking de países según la densidad de robots industriales - *The New Barcelona Post*. Recuperado 11 de marzo de 2019, de <https://www.thenewbarcelonapost.com/es/ranking-de-paises-segun-la-densidad-de-robots-industriales/>
- Nedelkoska, L., & Quintini, G. (2018). Automation, skills use and training. *Working Paper* 202. <https://doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>

- Noticias Vigo. (2017). El Hospital Vithas Nuestra Señora de Fátima prueba un robot complementario al tratamiento ofrecido por el fisioterapeuta. *Noticias Vigo*. Recuperado de <https://www.noticiasvigo.es/hospital-vithas-nuestra-senora-fatima-prueba-robot-complementario-al-tratamiento-ofrecido-fisioterapeuta/>
- Oberson, X. (2017). Taxing Robots? From the Emergence of an Electronic Ability to Pay to a Tax on Robots or the Use of Robots, (World Tax Journal, 2017 (Volume 9), No). Recuperado de [https://www.ibfd.org/sites/ibfd.org/files/content/pdf/wtj\\_2017\\_02\\_int\\_3\\_SeptNewsletter.pdf](https://www.ibfd.org/sites/ibfd.org/files/content/pdf/wtj_2017_02_int_3_SeptNewsletter.pdf)
- OECD. (2009). *Participative Web and User-Created Content. Participative Web and User-Created Content*. <https://doi.org/10.1787/9789264037472-en>
- OECD. (2018). *Achieving inclusive growth in the face of digital transformation and the future of work*. Recuperado de [https://www.oecd.org/g20/OECD\\_Achieving\\_inclusive\\_growth\\_in\\_the\\_face\\_of\\_FoW.pdf](https://www.oecd.org/g20/OECD_Achieving_inclusive_growth_in_the_face_of_FoW.pdf)
- Palmer, R. (1988). *The sound of history : songs and social comment*. Oxford University Press.
- Parlamento Europeo. (2017). Informe con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica. *Parlamento Europeo*. Recuperado 11 de marzo de 2019, de [http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005\\_ES.html?redirect#title10](http://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-8-2017-0005_ES.html?redirect#title10)
- Quartz. (2017). (110) Bill Gates thinks we should tax the robot that takes your job - YouTube (*Archivo de video*). Recuperado 11 de marzo de 2019, de [https://www.youtube.com/watch?time\\_continue=54&v=nccryZOcrUg](https://www.youtube.com/watch?time_continue=54&v=nccryZOcrUg)
- Ruiz, M. S. (2016). El paraíso de los robots: por qué Japón es la capital del imperio de las máquinas. Recuperado 27 de febrero de 2019, de [https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/Japon-maquinas-robots-humanoides-automatas-inteligencia\\_artificial\\_0\\_546995435.html](https://www.eldiario.es/hojaderouter/tecnologia/Japon-maquinas-robots-humanoides-automatas-inteligencia_artificial_0_546995435.html)
- Sánchez- Martín, F. M., Jiménez Schlegl, P., Millán Rodríguez, F., Salvador-Bayarri, J., Monllau Font, V., Palou Redorta, J. y Villavicencio Mavrich, H. (2007). Historia de la Robótica: de Arquitas de Tarento al Robot da Vinci (Parte II). *Scielo*. Recuperado 12 de marzo de 2019, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-48062007000300002](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-48062007000300002)

- Sánchez De La Cruz, D. (2017). Los robots y las nuevas tecnologías crean cuatro empleos por cada puesto de trabajo perdido- *Libre Mercado*. Recuperado 10 de febrero de 2019, de <https://www.libremercado.com/2017-09-22/los-robots-y-las-nuevas-tecnologias-crean-cuatro-empleos-por-cada-puesto-de-trabajo-perdido-1276606234/>
- Shiller, R. J. (2017a). ¿Robotización sin imposición? by Robert J. Shiller - *Project Syndicate*. Recuperado 10 de mayo de 2019, de <https://www.project-syndicate.org/commentary/temporary-robot-tax-finance-adjustment-by-robert-j-shiller-2017-03/spanish?barrier=accesspaylog>
- The World Bank. (s. f.). World Bank Open Data | Data. Recuperado 1 de marzo de 2019, de <https://data.worldbank.org/>
- Unctad. (2017). *Informe sobre el comercio y el desarrollo 2017 un new deal mundial como alternativa a la austeridad conferencia de las naciones unidas sobre comercio y desarrollo*. Recuperado de [https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/tdr2017\\_es.pdf](https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/tdr2017_es.pdf)
- WSIID. (2018). The SWIID · Frederick Solt. Recuperado 28 de febrero de 2019, de <https://fsolt.org/swiid/>

## ANEXO

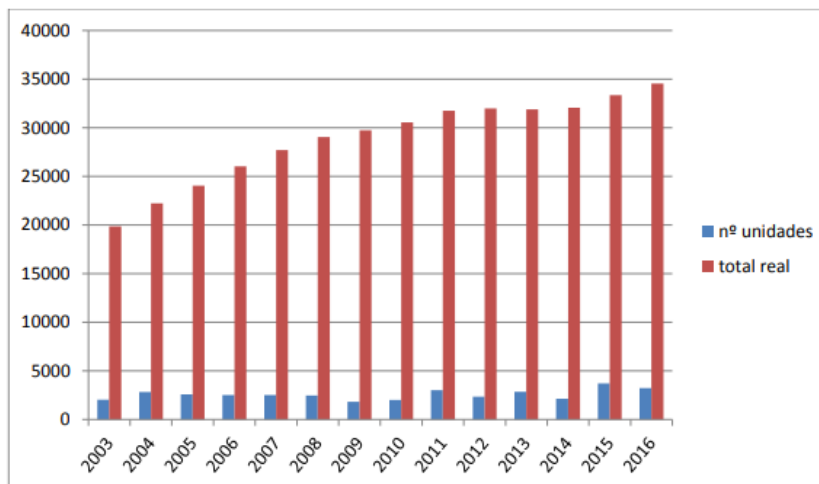
**Gráfico 1: Parados España por trimestres**



*Nota. Recuperado de INE. (n.d.). Encuesta de Población Activa (EPA). Retrieved February 23, 2019, from [https://www.ine.es/prensa/epa\\_prensa.htm](https://www.ine.es/prensa/epa_prensa.htm)*

**Gráfico 2: Evolución del parque de robots en España**

**Figura I. Evolución del parque de robots en España**

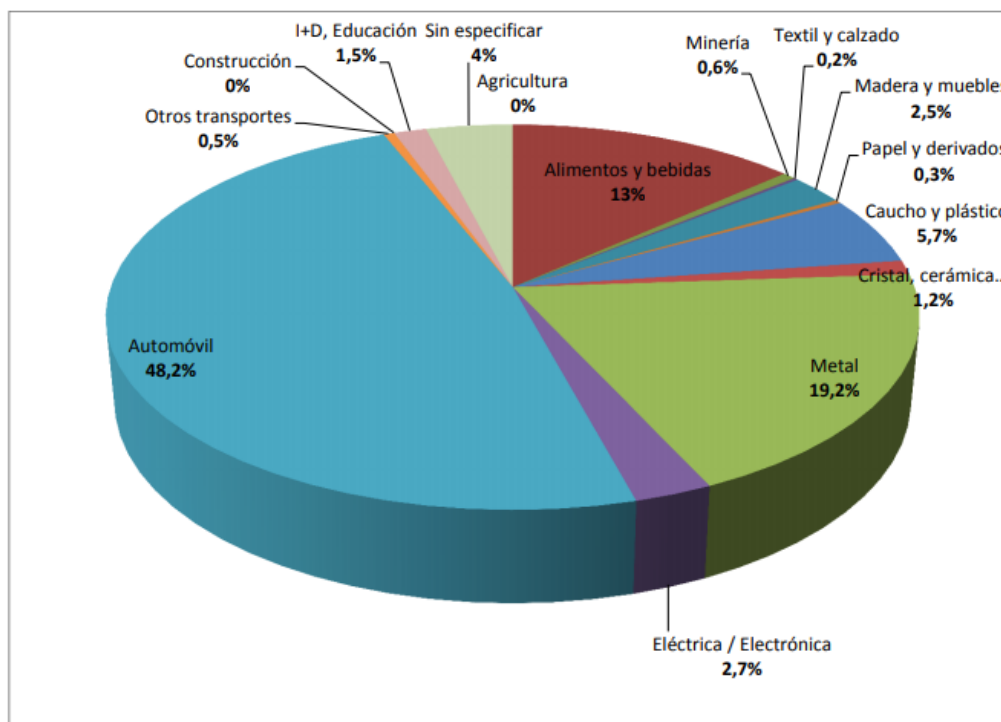


*Nota. Recuperado de ESTADÍSTICAS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL EN ESPAÑA. (n.d.). Retrieved from <https://www.aer-automation.com/wp-content/uploads/2017/06/ESTUDIO-COMPLETO-2017.pdf>*



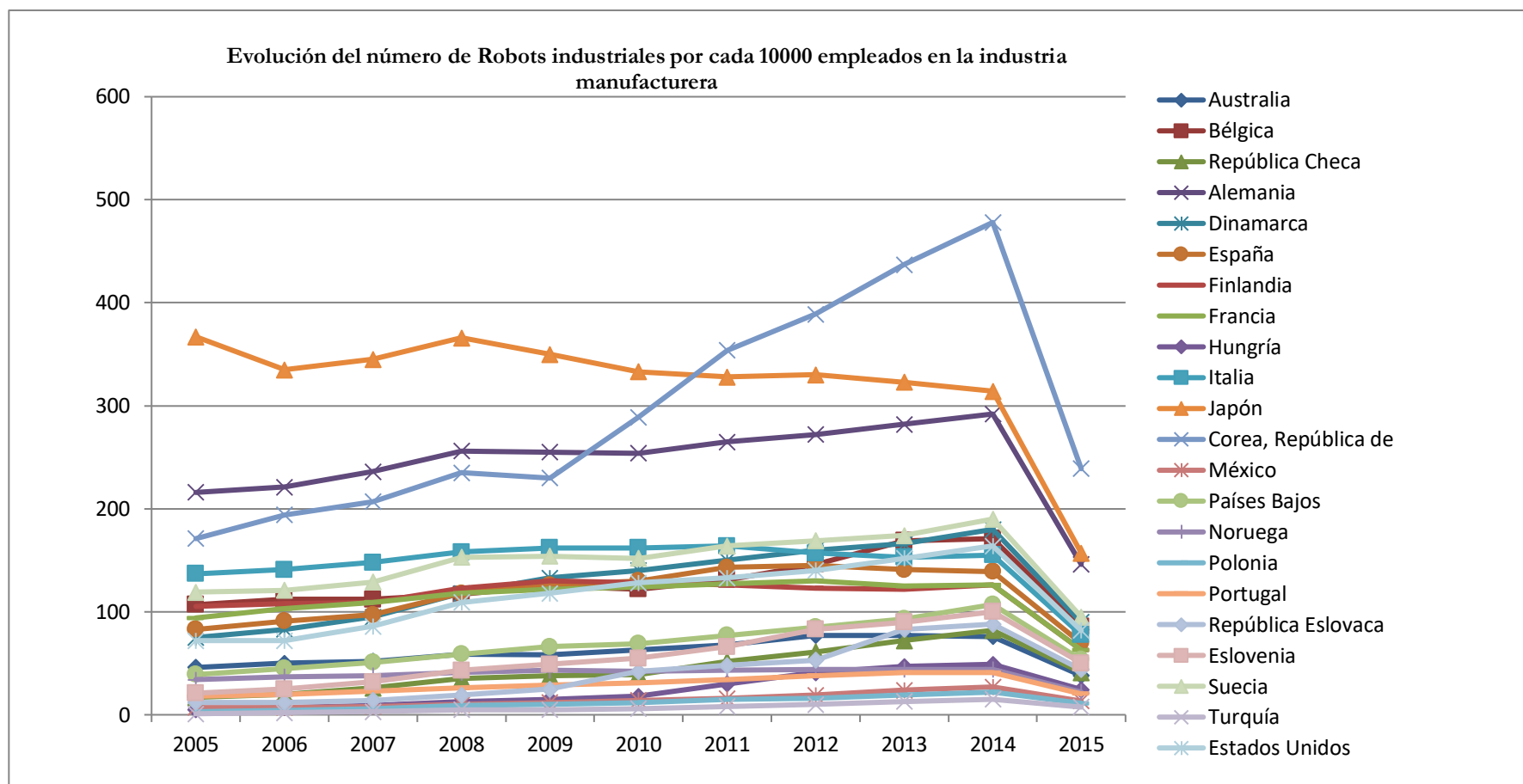
### Gráfico 3: Distribución de robots por sectores. Año 2016

Figura IV. Gráfico de la distribución de robots por sectores. Año 2016



*Nota. Recuperado de ESTADÍSTICAS DE ROBÓTICA INDUSTRIAL EN ESPAÑA. (n.d.). Retrieved from <https://www.aer-automation.com/wp-content/uploads/2017/06/ESTUDIO-COMPLETO-2017.pdf>*

Gráfico 4: Evolución del número de robots industriales



Fuente: Elaboración propia

A continuación se adjuntan las salidas obtenidas del análisis econométrico datos de panel donde se detectó estacionariedad y autocorrelación:

## MODELO INICIAL

```
Modelo 1: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones
Se han incluido 22 unidades de sección cruzada
Largura de la serie temporal = 11
Variable dependiente: N meroderobots

-----
Coeficiente  Desv. típica  Estadístico t  valor p
-----
const        92.2354      130.051        0.7092      0.4789
PIBpc        0.00261044    0.000422917    6.172      3.26e-09 ***
EMPLEO       -2.45461       1.19461       -2.055      0.0411 **
ndiceGini    2.59312       2.69327        0.9628      0.3367

Media de la vble. dep.  102.8347  D.T. de la vble. dep.  92.22360
Suma de cuad. residuos  207699.6  D.T. de la regresión  30.93769
R-cuadrado MCVF (LSDV)  0.898671  R-cuadrado 'intra'    0.163323
F(24, 217) MCVF        80.18899  Valor p (de F)        4.58e-94
Log-verosimilitud      -1160.727  Criterio de Akaike    2371.455
Criterio de Schwarz     2458.678  Crit. de Hannan-Quinn  2406.591
rho                    0.583439  Durbin-Watson         0.759863

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -
Estadístico de contraste: F(3, 217) = 14.1197
con valor p = P(F(3, 217) > 14.1197) = 1.93005e-008

Contraste de diferentes interceptos por grupos -
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]
Estadístico de contraste: F(21, 217) = 82.2538
con valor p = P(F(21, 217) > 82.2538) = 4.64357e-091
```

## MODELO 1

```
Modelo 2: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones
Se han incluido 22 unidades de sección cruzada
Largura de la serie temporal = 11
Variable dependiente: PIBpc

-----
Coeficiente  Desv. típica  Estadístico t  valor p
-----
const        29761.6      1014.19        29.35      7.80e-078 ***
N meroderobots  54.8747       9.41619        5.828      1.99e-08 ***

Media de la vble. dep.  35404.65  D.T. de la vble. dep.  19786.60
Suma de cuad. residuos  4.82e+09  D.T. de la regresión  4691.525
R-cuadrado MCVF (LSDV)  0.948913  R-cuadrado 'intra'    0.134257
F(22, 219) MCVF        184.8992  Valor p (de F)        2.4e-128
Log-verosimilitud      -2377.049  Criterio de Akaike    4800.099
Criterio de Schwarz     4880.345  Crit. de Hannan-Quinn  4832.425
rho                    0.520742  Durbin-Watson         0.706386

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -
Estadístico de contraste: F(1, 219) = 33.962
con valor p = P(F(1, 219) > 33.962) = 1.99282e-008

Contraste de diferentes interceptos por grupos -
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]
Estadístico de contraste: F(21, 219) = 179.338
con valor p = P(F(21, 219) > 179.338) = 2.05002e-125
```

Modelo 3: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones  
Se han incluido 22 unidades de sección cruzada  
Largura de la serie temporal = 11  
Variable dependiente: INVEsIANpc

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	7552.51	335.121	22.54	5.69e-059 ***
NÁmeroderobots	6.80432	3.11141	2.187	0.0298 **
Media de la vble. dep.	8252.234	D.T. de la vble. dep.	4924.378	
Suma de cuad. residuos	5.26e+08	D.T. de la regresión	1550.231	
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.909943	R-cuadrado 'intra'	0.021371	
F(22, 219) MCVF	100.5815	Valor p (de F)	1.4e-101	
Log-verosimilitud	-2109.070	Criterio de Akaike	4264.140	
Criterio de Schwarz	4344.385	Crit. de Hannan-Quinn	4296.466	
rho	0.501874	Durbin-Watson	0.788598	

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -  
Estadístico de contraste: F(1, 219) = 4.78249  
con valor p = P(F(1, 219) > 4.78249) = 0.0298094

Contraste de diferentes interceptos por grupos -  
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]  
Estadístico de contraste: F(21, 219) = 100.11  
con valor p = P(F(21, 219) > 100.11) = 6.88944e-100

Modelo 4: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones  
Se han incluido 22 unidades de sección cruzada  
Largura de la serie temporal = 11  
Variable dependiente: PIBpc

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	12449.1	916.320	13.59	6.74e-031 ***
INVEsIANpc	2.78174	0.109270	25.46	2.26e-067 ***
Media de la vble. dep.	35404.65	D.T. de la vble. dep.	19786.60	
Suma de cuad. residuos	1.41e+09	D.T. de la regresión	2534.032	
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.985096	R-cuadrado 'intra'	0.747428	
F(22, 219) MCVF	657.9473	Valor p (de F)	9.1e-187	
Log-verosimilitud	-2227.991	Criterio de Akaike	4501.981	
Criterio de Schwarz	4582.227	Crit. de Hannan-Quinn	4534.307	
rho	0.718857	Durbin-Watson	0.422585	

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -  
Estadístico de contraste: F(1, 219) = 648.08  
con valor p = P(F(1, 219) > 648.08) = 2.26432e-067

Contraste de diferentes interceptos por grupos -  
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]  
Estadístico de contraste: F(21, 219) = 40.1652  
con valor p = P(F(21, 219) > 40.1652) = 2.92793e-063

## MODELO 2

Modelo 5: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones  
Se han incluido 22 unidades de sección cruzada  
Largura de la serie temporal = 11  
Variable dependiente: EMPLEO

	Coefficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p
const	60.9178	2.57729	23.64	7.95e-062 ***
NÁmeroderobots	-0.0117970	0.00424614	-2.778	0.0059 ***
Gastoeneducacián	0.269422	0.529002	0.5093	0.6111
EducaciAnterciar~	0.0515052	0.0490007	1.051	0.2944
PIBpc	8.61825e-05	2.82561e-05	3.050	0.0026 ***
Media de la vble. dep.	65.36455	D.T. de la vble. dep.	7.252097	
Suma de cuad. residuos	742.2089	D.T. de la regresión	1.853686	
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.941443	R-cuadrado 'intra'	0.067358	
F(25, 216) MCVF	138.9075	Valor p (de F)	1.3e-118	
Log-verosimilitud	-478.9870	Criterio de Akaike	1009.974	
Criterio de Schwarz	1100.686	Crit. de Hannan-Quinn	1046.516	
rho	0.829770	Durbin-Watson	0.288422	

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -  
Estadístico de contraste: F(4, 216) = 3.90005  
con valor p = P(F(4, 216) > 3.90005) = 0.00443558

Contraste de diferentes interceptos por grupos -  
Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]  
Estadístico de contraste: F(21, 216) = 62.5698  
con valor p = P(F(21, 216) > 62.5698) = 1.02689e-079

## MODELO 3

Modelo 6: Efectos fijos, utilizando 242 observaciones

Se han incluido 22 unidades de sección cruzada

Largura de la serie temporal = 11

Variable dependiente: ndicedeGini

	Coeficiente	Desv. típica	Estadístico t	valor p	
const	39.3892	1.83424	21.47	1.33e-055	***
Númeroderobots	0.000963084	0.00165430	0.5822	0.5611	
EMPLEO	-0.157551	0.0277336	-5.681	4.28e-08	***
Educaciãnterciar~	0.0399056	0.0195965	2.036	0.0429	**
Media de la vble. dep.	30.31932	D.T. de la vble. dep.	5.616328		
Suma de cuad. residuos	129.2237	D.T. de la regresión	0.771687		
R-cuadrado MCVF (LSDV)	0.983001	R-cuadrado 'intra'	0.146776		
F(24, 217) MCVF	522.8564	Valor p (de F)	9.2e-178		
Log-verosimilitud	-267.4686	Criterio de Akaike	584.9372		
Criterio de Schwarz	672.1606	Crit. de Hannan-Quinn	620.0739		
rho	0.521665	Durbin-Watson	0.815471		

Contraste conjunto de los regresores (excepto la constante) -

Estadístico de contraste: F(3, 217) = 12.4432

con valor p = P(F(3, 217) > 12.4432) = 1.53617e-007

Contraste de diferentes interceptos por grupos -

Hipótesis nula: [Los grupos tienen un intercepto común]

Estadístico de contraste: F(21, 217) = 438.501

con valor p = P(F(21, 217) > 438.501) = 4.72696e-165